

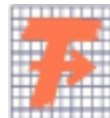
**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2013**

**Bc. SOŇA KRATOCHVÍLOVÁ**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: N3108 Průmyslový management  
Studijní obor: 3106T014 Produktový management - Textil

**MATERIÁLY PRO SPECIÁLNÍ PRACOVNÍ  
ODĚVY ZAJIŠŤUJÍCÍ OCHRANU LIDSKÉHO  
ZDRAVÍ**  
**MATERIALS FOR SPECIAL WORK CLOTHES  
ENSURING PROTECTION OF HUMAN  
HEALTH**

Bc. Soňa Kratochvílová  
KHT-198

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Hana Štočková

**Rozsah práce:**

Počet stran textu... 81  
Počet obrázků..... 18  
Počet tabulek..... 12  
Počet grafů ..... 8  
Počet stran příloh . 10

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Soňa Kratochvílová  
Osobní číslo: T11000158  
Studijní program: N3108 Průmyslový management  
Studijní obor: Produktový management  
Název tématu: Materiály pro speciální pracovní oděvy zajišťující ochranu lidského zdraví  
Zadávající katedra: Katedra hodnocení textilií

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte přehled vývoje materiálů pro speciální pracovní oděvy a jejich charakteristiku.
2. Studii zaměřte na požadavky a předpisy týkající se speciálních pracovních oděvů do prostředí s nebezpečím rizika poškození lidského zdraví.
3. Sledujte vývojové tendence materiálů pro speciální pracovní oděvy.
4. Proveďte zkoušky a vyhodnocení užitečných vlastností u vybraných vzorků těchto oděvů.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Staněk J.,: Standardizace textilních výrobků I.; Technická univerzita v Liberci 2005; ISBN 80-7372-029-9

Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií; Technická univerzita v Liberci 2005; ISBN 80-7083-926-0

Kovačič V.,: Textilní zkušebnictví - Díl II.; Technická univerzita v Liberci 2004; ISBN 80-7083-825-6

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Hana Štočková  
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: 31. října 2012

Termín odevzdání diplomové práce: 27. května 2013

  
Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



  
Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012

## P r o h l á š e n í

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, dne 23. května 2013

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych věnovala poděkování vedoucí práce Ing. Haně Štočkové za věnovaný čas a odborné rady při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěla tímto poděkovat vedení firmy Pícha Safety, s.r.o. za poskytnutí materiálu a klíčových informací nezbytných k vypracování diplomové práce. Děkuji také prof. Ing. Luboši Hesovi Dr.Sc. za poskytnuté konzultace. A v neposlední řadě děkuji rodině a přátelům za trpělivost a podporu.

# ANOTACE

## **Materiály pro speciální pracovní oděvy zajišťující ochranu lidského zdraví**

Diplomová práce je zaměřena na hodnocení oděvního komfortu u pletenin vyrobených z materiálu CarbonX<sup>®</sup>. Práce obsahuje studii, která předkládá přehled technických požadavků na ochranné oděvy a příslušnou certifikaci k nim. Teoretická část práce dále pojednává o oděvním komfortu ochranných oděvů a uvádí přehled používaných speciálních materiálů pro ochranné oděvy.

Experimentální část spočívá v měření a hodnocení vlastností textilií CarbonX<sup>®</sup> souvisejících s jejich tepelným omakem a propustností vodních par. Závěr experimentu shrnuje naměřené výsledky i s grafickým znázorněním, na jejich základě jsou pak textilie dále posouzeny.

### **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Ochranné oděvy, oděvní komfort, CarbonX<sup>®</sup>, nehořlavé spodní prádlo, tepelný omak, propustnost vodních par.

# ANNOTATION

## **Materials for special work clothes ensuring protection of human health**

The thesis is focused on the evaluation of clothing comfort of knitted fabrics made of material CarbonX<sup>®</sup>. The work includes a study that presents an overview of the technical requirements for protective clothing and appropriate certification to them. The theoretical part of my thesis deals with clothing comfort of protective clothing and presents an overview of the special materials for protective clothing.

The experimental part is to measure and assess the CarbonX<sup>®</sup> fabrics related to their thermal touch and water vapor permeability. The conclusion summarizes the measured results of the experiment with graphics, on the basis of fabric are then further assessed.

### **KEY WORDS:**

Protective clothing, clothing comfort, CarbonX<sup>®</sup>, non flammable underwear, thermal touch, water vapor permeability.

## OBSAH

Seznam použitých zkratek a symbolů.....	11
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>2 ODĚVY ZAJIŠŤUJÍCÍ OCHRANU LIDSKÉHO ZDRAVÍ... 13</b>	<b>13</b>
<b>2.1 ZÁKLADNÍ DĚLENÍ OCHRANNÉHO OBLEČENÍ.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 PROFESNÍ A OCHRANNÉ ODĚVY .....</b>	<b>14</b>
2.2.1 UNIFORMNÍ ODĚVY.....	15
2.2.2 OCHRANNÉ ODĚVY .....	16
2.2.2.1 OBLEČENÍ PRO HASIČE .....	16
2.2.2.2 OBLEČENÍ PRO ZÁCHRANÁŘE .....	18
2.2.2.3 OBLEČENÍ PRO ZÁSAHOVÉ JEDNOTKY POLICIE.....	19
2.2.2.4 SPECIÁLNÍ OCHRANNÉ ODĚVY .....	19
2.2.2.5 OBLEČENÍ PRO PRACOVNÍKY V PRŮMYSLU.....	20
<b>2.3 VÝVOJ V OBLASTI OCHRANNÝCH ODĚVŮ.....</b>	<b>21</b>
<b>3 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 CERTIFIKACE ODĚVŮ.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 PRÁVNÍ PŘEDPISY TÝKAJÍCÍ SE OOPP .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3 VŠEOBECNÉ POŽADAVKY NA OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY .....</b>	<b>27</b>
<b>4 ODĚVNÍ KOMFORT OCHRANNÝCH ODĚVŮ .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 FYZIOLOGICKÝ KOMFORT ODĚVŮ.....</b>	<b>32</b>
4.1.1 VLHKOST VZDUCHU POD ODĚVEM .....	33
4.1.2 VLHKOST POKOŽKY .....	33
4.1.3 TEPLOTA POKOŽKY.....	34
<b>4.2 SENZORICKÝ KOMFORT ODĚVŮ.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3 PATOFYZIOLOGICKÝ KOMFORT ODĚVŮ.....</b>	<b>35</b>
<b>4.4 TERMOFYZIOLOGICKÝ KOMFORT ODĚVŮ.....</b>	<b>35</b>



<b>4.5</b>	<b>SKLADBA DÍLČÍCH VRSTEV OCHRANNÉHO ODĚVU PRO .....</b>	
	<b>HASIČE.....</b>	<b>36</b>
4.5.1	VNĚJŠÍ VRSTVA .....	37
4.5.2	VLHKOSTNÍ BARIÉRA .....	37
4.5.3	TEPELNÁ BARIÉRA .....	38
<b>4.6</b>	<b>SPODNÍ PRÁDLO JAKO SOUČÁST OCHRANNÉHO ODĚVU .....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>SPECIÁLNÍ MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU</b>	
	<b>OCHRANNÝCH ODĚVŮ .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>VYSOCE VÝKONNÁ VLÁKNA.....</b>	<b>42</b>
5.1.1	VYSOCE PEVNÁ VLÁKNA .....	42
5.1.2	VLÁKNA S VYSOKOU TEPELNOU ODOLNOSTÍ .....	43
5.1.3	LIMITNÍ KYSLÍKOVÉ ČÍSLO.....	45
<b>6</b>	<b>TEXTILNÍ MATERIÁL CARBONX® .....</b>	<b>47</b>
<b>6.1</b>	<b>CHARAKTERISTIKA TECHNICKÉHO VLÁKNA CARBONX® .....</b>	<b>47</b>
<b>6.2</b>	<b>PROVEDENÍ CARBONX® .....</b>	<b>49</b>
<b>6.3</b>	<b>PŮVOD MATERIÁLU CARBONX® .....</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – TESTOVÁNÍ MATERIÁLU</b>	
	<b>CARBONX® .....</b>	<b>51</b>
<b>7.1</b>	<b>FIRMA PÍCHA Safety, s.r.o.....</b>	<b>51</b>
<b>7.2</b>	<b>SPECIFIKACE TESTOVANÝCH MATERIÁLŮ .....</b>	<b>53</b>
7.2.1	MATERIÁL CARBONX® NSM – 41.....	53
7.2.2	MATERIÁL CARBONX® TK – 60.....	54
7.2.3	MATERIÁL CARBONX® DJ – 77.....	55
<b>7.3</b>	<b>ZJIŠŤOVÁNÍ KOMFORTNÍCH VLASTNOSTÍ TEXTILÍ</b>	
	<b>CARBONX® .....</b>	<b>56</b>
7.3.1	TEPELNÉ VLASTNOSTI – ALAMBETA .....	56
7.3.2	MĚŘENÍ RELATIVNÍ PAROPROPUSTNOSTI A VÝPARNÉHO ODPORU – PERMETEST .....	59
<b>7.4</b>	<b>EXPERIMENT – MĚŘENÍ KOMFORTNÍCH VLASTNOSTÍ TEXTILÍ</b>	
	<b>CARBONX® .....</b>	<b>61</b>
7.4.1	MĚŘENÍ TEPELNÝCH VLASTNOSTÍ ZA SUCHA NA PŘÍSTROI ALAMBETA .....	61

7.4.1.1	SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ .....	61
7.4.1.2	POSTUP MĚŘENÍ.....	62
7.4.2	VYHODNOCENÍ – ALAMBETA.....	63
7.4.3	MĚŘENÍ PŘÍSTROJEM PERMETEST .....	69
7.4.3.1	SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ .....	69
7.4.3.2	POSTUP MĚŘENÍ.....	70
7.4.4	VYHODNOCENÍ – PERMETEST .....	71
7.4.5	ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ EXPERIMENTU .....	75
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>76</b>
	<b>STUDOVANÁ LITERATURA .....</b>	<b>77</b>
	<b>CITACE.....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM ROVNIC .....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>82</b>
	PŘÍLOHA Č. 1 – Vzorke materiálu .....	83
	PŘÍLOHA Č. 2 – Zkoušení materiálu na přístroji ALAMBETA.....	87
	PŘÍLOHA Č. 3 – Měření relativní paropropustnosti a výparného odporu na přístroji PERMETEST .....	91

## Seznam použitých zkratek a symbolů

<b>ASTM</b>	Americká společnost pro zkoušení a materiály
<b>b</b>	tepelná jímavost [ $\text{W} \cdot \text{m}^2 \text{s}^{1/2} \text{K}^{-1}$ ]
<b>CPAN</b>	částečně karbonizovaná akrylová vlákna
<b>CQS</b>	Sdružení pro certifikaci systémů jakosti
<b>CV</b>	variační koeficient [%]
<b>ČSN</b>	Česká technická norma
<b>EN</b>	Evropská norma
<b>EU</b>	Evropská unie
<b>h</b>	tloušťka materiálu [mm]
<b>IQNet</b>	Mezinárodní sdružení certifikačních orgánů
<b>ISO</b>	Mezinárodní organizace pro normalizaci
<b>LKČ (LOI)</b>	limitní kyslíkové číslo (limiting oxygen index)
<b>M</b>	plošná hmotnost [ $\text{g}/\text{m}^2$ ]
<b>OOPP</b>	osobní ochranné pracovní prostředky
<b>OPF</b>	oxidovaná polyakrylonitrilová vlákna (oxidized polyakrylonitrile fibers)
<b>p</b>	relativní propustnost textilií pro vodní páry [%]
<b>PAI</b>	polyamidimidy
<b>PBI</b>	polybenzimidazol
<b>pH</b>	vodíkový exponent ( potential of hydrogen)
<b>r</b>	plošný odpor vedení tepla [ $\text{W}^{-1} \text{K} \cdot \text{m}^2$ ]
<b>Ret</b>	výparný odpor [ $\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$ ]
<b>s</b>	směrodatná odchylka
<b>T</b>	teplota okolního vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ]
<b>Tg</b>	teplota zesklňování [ $^{\circ}\text{C}$ ]
<b>Tm</b>	teplota tání [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$\bar{x}$	aritmetický průměr
$\lambda$	měrná tepelná vodivost [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]
$\varphi$	relativní vlhkost vzduchu [%]
<b>95% IS</b>	95% interval spolehlivosti

# 1 ÚVOD

Materiály určené pro výrobu speciálních pracovních oděvů mají za úkol zajistit ochranu lidského zdraví. Práce se zabývá problematikou týkající se osobních ochranných pracovních prostředků a materiálů, z nichž se tyto ochranné oděvy a pracovní pomůcky vyrábějí. Jedná se o speciální materiály a vlákna, které jsou značně odlišné v porovnání s klasickými materiály používanými pro běžně nošené oděvy. Jak už svou výrobou, tak i svými specifickými vlastnostmi. Speciální ochranné pracovní oděvy mají člověka především chránit během vykonávané práce a také před možným a případným rizikem v dané profesi. Vhodně zvoleným ochranným oděvem by se proto mělo toto nebezpečí výrazně minimalizovat. Ochrana pracovníků se tak díky ochranným zásahovým oděvům vyrobených z nehořlavých materiálů výrazně zvyšuje.

Rozdílný charakter ochranných oděvů od klasických (konfekčních) oděvů, ať už jde o oblečení např. pro policisty, vojáky, záchranáře či hasiče, je opravdu zřejmý. Proto je nezbytné k tomu přistupovat vskutku zodpovědně. Nerozvážná volba materiálu pro pracovní ochranný oblek se jejímu držiteli, jenž jej posléze bude nosit při práci, nemusí skutečně vyplatit a dokonce ho ohrozit na životě.

Teoretická část práce obsahuje studii zaměřenou na základní členění pracovních ochranných oděvů, dále jsou zmíněny základní technické požadavky na osobní ochranné prostředky, které pracovník používá při každodenní zásahové a další činnosti. Ty musí vyhovět všem právním předpisům a technickým parametrům, jenž nařizuje a ustanovuje vláda v příslušných normách a vyhláškách. Jsou uvedeny konkrétní normy a právní předpisy týkající se OOPP. Pro nositele je neméně důležitý komfort ochranného oděvu, který je vyložen v další části práce. Správný výběr, použití a skladba dílčích vrstev ochranného oděvu pak ovlivňuje samotné pohodlí pro jeho nositele, dále také výkon a celkový komfort při provádění pracovních úkonů.

Předmětem experimentální části práce je představení inovativního materiálu CarbonX®, jenž je používán v oblasti výroby speciálních ochranných oděvů. Cílem práce je zjistit a otestovat komfortní vlastnosti předložených textilií vyrobených z tohoto materiálu. Konkrétně jsou zkoumány jejich tepelné vlastnosti a je provedeno také měření relativní paropropustnosti a výparného odporu. Ze získaných výsledků měření je provedeno vyhodnocení a ověření použitelnosti daných textilií pro svůj specifický účel.

## **2 ODĚVY ZAJIŠŤUJÍCÍ OCHRANU LIDSKÉHO ZDRAVÍ**

V této kapitole je uveden všeobecný přehled základních speciálních oděvů, které zajišťují ochranu lidského zdraví, jsou zde také citovány konkrétní příklady těchto oděvů. U příslušných uniformních a ochranných oděvů je následně popsána jejich charakteristika, stříhové řešení a složení, které je ovlivněno pracovním prostředím, v němž se tyto ochranné oděvy používají.

V současné době je v České republice, ale i po celém světě, řada výrobců, jenž se specializuje na výrobu ochranných oděvů. Z důvodu poměrně široké nabídky nejsou v této práci popisovány veškeré detaily výrobků, které jednotlivé firmy vyrábí a nabízí. Jednak by to bylo poměrně zbytečné, a co je hlavní, není to cílem této práce. Detailněji jsou pak v dalších kapitolách specifikovány materiály použité pro experiment, které poskytla firma PÍCHA Safety, s.r.o., na základě jejíž spolupráce tato práce vznikala.

### **2.1 ZÁKLADNÍ DĚLENÍ OCHRANNÉHO OBLEČENÍ**

„Správný výběr osobních ochranných pracovních prostředků (OOPP) má velký význam, neboť ovlivňuje jak spolehlivost ochrany zdraví při práci, spokojenost zaměstnanců, tak ekonomiku provozu. Výběr by měl proto provádět kvalifikovaný odborník na základě důkladného zvážení všech okolností. Správný výběr OOPP skutečně nelze dělat bez znalosti konkrétního prostředí a konkrétních rizik, proti kterým má OOPP sloužit. Poměrně jednoduché je to na vyhlášených rizikových pracovištích, kde je riziko známé a pod kontrolou. Obtížnější je to na pracovištích, která mají proměnlivý charakter, kde se riziko a jeho míra mění. Při výběru je nezbytné vycházet ze znalostí parametrů a vlastností OOPP a kontrolovat je s požadavky a funkcí, která se od nich očekává. Důležitá je životnost a způsob údržby, což značně ovlivňuje nákladovost. Dnes je již na trhu k dispozici široká nabídka těchto prostředků a vybrat si mezi nimi není jednoduché. Často nastupuje volba nejjednodušší, totiž volba ekonomická. Že to asi není úplně správné, není třeba zdůrazňovat.“ [1]

## 2.2 PROFESNÍ A OCHRANNÉ ODĚVY

„Oblečení pro různá pracovní prostředí chrání člověka proti vnějším vlivům, které mohou ovlivňovat jeho zdravotní stránku, a v konečné fázi pracovní výkonnost. Podle toho, do jakého, prostředí a pro jakou činnost ochranný oděv slouží, existuje toto rozdělení:

- Trvalé interiérové (řemeslníci, malíři, tapetáři, podlaháři) B
- Exteriérové letní (dražní, stavební, pozemní, lesní) D
- Exteriérové zimní (stejně, ale vybavené na zimu) A
- Uniformní vč. nehořlavých (hasiči, vojáci, letci, policie) C
- Pracovníci obchodu a služeb (čistírny, gastronomie) E
- Pracovníci čistých provozů (elektroprůmysl, farmacie, zdravotníci) F

Každá pracovní činnost vyžaduje příslušný pracovní oděv. Zda bude dvoudílný nebo tvaru kombinézy – o tom rozhoduje náročnost a požadavky vykonávaných prací.

Do *kategorie pracovního oblečení pro prostředí interiéru* řadíme pracovníky, kteří jsou trvale, nebo převážně uvnitř objektů. Jsou to různí řemeslníci, podlaháři, malíři, tapetáři, sklenáři, truhláři atd. – takové profese, jejichž pracovní oblečení je jednodílné a sestává se z kalhot s lacem nebo v podobě kombinézy, nebo je dvoudílné (kalhoty, kabátek, případně plášť). Jako materiálu se používá ponejvíce bavlněný kepr, jehož pevnostní charakteristiky plně vyhovují pracovní činnosti. Barevný odstín je většinou sytě modrý, příp. zelený, vínový. Toto provedení si volí jednotlivé firmy.

Výjimku tvoří vybavení do prašných provozů, kde k základnímu oblečení přistupují ještě ochranné pomůcky, jako jsou prachotěsné brýle jako ochrana očí a zátkové chrániče uší. Ty jsou složeny jak z pěnového polymeru absorbující hluk spojené s bezpečnostním vláknem s rovnoměrným tlakem na zvukovod. Ústa a dýchací cesty jsou chráněny filtračními maskami, kde vlastní filtr stvoří mikroválkna a vrstva aktivního uhlí proti pevným částicím a aerosolu.

Do *kategorie pracovního oblečení pro letní exteriéry* zařazujeme oblečení pracovníků ve stavebnictví, pracovníky na pozemních komunikacích (silnice,

železnice), záchranáře atd. Jejich pracovní oblečení je zpravidla dvoudílné, pro práci v nočních hodinách jsou na tomto oblečení nášivky v transparentních barvách. Oblečení se skládá z kalhot, z laclových kalhot, kabátku, popřípadě vesty. Materiálově je to převážně bavlněný kepr různých barev, pro pracovníky v lesnictví v barvě zelené. V tomto oblečení se částečně objevuje uniforma, typická pro tuto profesi.

Zvláštní kapitolu vytváří dělnické profese vysokých pecí a válcoven, kde je třeba pracovníka chránit proti vysokému žáru – a pro tento případ jsou pracovní oděvy opatřeny hliníkovou folií, odrážející tepelné záření.

*Kategorie pracovního oblečení pro zimní exteriéry* se v podstatě shoduje s oblečením letním. Liší se v tom, že je tzv. „vatované“ s tepelně izolační vrstvou, a to jak u kalhot, tak u kabátku. Kabátek opatřen kapucí, případně jsou dodávány rukavice. Výkon pracovníka nesmí být snížen chladem prostředí, proto zateplené oblečení. Kromě oblečení je pracovník vybaven pletenými rukavicemi prstovými nebo palečnicovými ve vrstvomém složení bavlna / polyester nebo polyamid – a pro horké provozy rukavicemi z přízí z vláken Kevlaru s bavlněnou podšívkou.“ [2]

## 2.2.1 UNIFORMNÍ ODĚVY

„Do této skupiny profesí náleží vojáci, letci, policie, rychlá zdravotní pomoc atd. – a pro hasiče nehořlavé oblečení. Vojenský stejnokroj se dělí na vycházkový, který je typickou uniformou – a pracovní, které nahrazuje pracovní oblečení a pro prováděné práce chrání vojáka podobně jako pracovní oblečení civilní. Střih a materiál jsou podmíněny prostředím, ve kterém se voják pohybuje, a jeho činností. Pro nasazení do tepelně náročných podmínek má toto oblečení současně tepelně izolačně funkci splňující zásady fyziologického komfortu. Jako materiálů jsou obvykle používány směsové tkaniny vlnářského typu. U letců se jedná především o uniformu, v typické barvě blankytné modři. Policie má uniformy, které musí splňovat několik funkcí: vycházkovou letní i zimní a přepadovou (více méně pracovní). Ta je doplněna o neprůstřelnou vestu. Vesty jsou rozděleny do třech skupin, na:

- Vestu pro taktické použití pro speciální zásahové jednotky a další bezpečnostní složky. Má několik barevných modifikací – textilií je hustě dostavená vrstvená tkanina zpravidla na bázi Nomexu®.

- Neprůstřelná vesta lehká a proti noži je svým charakterem určena pro svrchní (převlekové) nošení. Používána je při běžných zásazích s požadavkem maximální pohyblivosti uživatele. Dostatečné výkroje v oblasti paží dovolují střelbu obouruč, přední díl má zkrácenou délku pro zásah v podřepu nebo za jízdy autem.
- Neprůstřelná vesta těžká umožňuje vkládání ocelového nebo keramického plátu do prsní a břišní oblasti. Vložené části bezpečně ochrání nositele proti střelám z pistole.

Barevnost tohoto oblečení je převážně tmavé až černé a je opatřeno nášivkovými reflexními písmeny s označením POLICIE. Co se týče hasičů, jejich dvoudílné oblečení, případně kombinéza, je vyrobeno s přídavkem nehořlavého vlákna, takže oblečení skýtá ochranu proti žáru a ohni. Tyto uniformy jsou opatřeny reflexními písmeny HASIČI. Výrobky pro uniformní oblečení podléhají certifikaci IQNet a CQS.“ [2]

## 2.2.2 OCHRANNÉ ODĚVY

„Jedná se o ochranná oblečení splňující normované hodnoty v oblasti EN a ISO, a které jsou zakotveny v Nařízení vlády č. 21/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na osobní ochranné prostředky. Jsou to výrobky *nadstandardních vlastností*. Jsou vybaveností určeny pro protipožární útvary, záchranáře, pro zásahové jednotky policie a pro pracovníky v energetice, kde je třeba tělo chránit pře agresivním prostředím. Pro různé skupiny těchto pracovních profesí jsou to výrobky standardního použití, ale jejich zpracování včetně použitých speciálně upravených textilií, jsou to výrobky kvalitou nadstandardní.“ [2]

### 2.2.2.1 OBLEČENÍ PRO HASIČE

„Oblečení pro hasiče vykonalo za poslední dobu značný pokrok, a to jak novými nehořlavými vlákny, tak stříhovým řešením komfortních uniforem. Tkaniny těchto



uniformou působí ochranu člověka v extrémních situacích, například před plameny, sálavým teplem, vodou, chemikáliemi, postřikem roztavených kovů atp., a navíc, aby člověk v těchto podmínkách vykazoval pocit pohyblivosti a fyziologického komfortu.

Základní části ochranného oděvu hasiče jsou:

- Kalhoty
- Kabátek
- Kombinéza

Materiálem na jejich konstrukci je tkanina, na jejíž konstrukci je použito vláken typu Nomex® nebo Kevlar® ve vrchových tkaninách jejichž plošná hmotnost je kolem 200 g/m<sup>2</sup>, mají vetkanou mřížku ze silnější příze jako tepelnou izolaci vzniklým vzduchovým polštářem. V oblasti kolen je tkanina zesílena tkaninou z Kevlaru®. Úprava Sofiguard chrání proti kapalným chemikáliím a splňuje normy EN 368. Vrchový materiál musí snést 25 násobné vyprání při teplotě 40 °C. Druhou vrstvou je membrána Gore-Tex® Airlock nebo Fibreblocker N. Podšívka je tkanina Nomex® Comfort / Aramid Grid nebo tkanina Paralinex® II nebo Nomex® Lining jako tepelná bariéra. Na spodní její části a na vnitřních rukávech je protivztlínavá bariéra. Střih ochranného oblečení je volen s kratším kabátem a kalhotami se zvýšeným pasem. Ventilační pásy odvětrávají mezivrstvy na konci rukávů a lemu kabátu. Celková hmotnost těchto obleků se pohybuje kolem 2,9 kg a plošná hmotnost materiálové konstrukce se pohybuje kolem 540 g/m<sup>2</sup>. Ergonomický střih je aplikován v exponovaných částech obleku, jakými jsou ramena, rukávy, lokty, kolena a rozkrok. Oblek má našity reflexní, fluorescenční a fotoluminiscenční pásy a na zádech označení „HASIČI“. Rozdílné střihové řešení je pro hasební zásahy v objektech a na volném prostranství.

Pod protipožárním oblečením je dvouvrstvé funkční prádlo, které udržuje komfort v oblasti odvodu vlhkosti systémem absorpce – přenosu vlhkosti a její odpaření.

Pro venkovní zásahy, lesní požáry a technickou asistenci je určeno oblečení ve tvaru kalhoty, bunda z materiálu Nomex® Comfort RS (vazba Rip-Stop) v gramáži kolem 220 g/m<sup>2</sup>, který je permanentně nehořlavý a antistatický a splňuje vysoký komfort při dlouhodobém používání (dobrý odvod vlhkosti a prodyšnost).“ [2]



*Obr. č. 1 – Zásahový  
oblek FIREMAN III [10]*



*Obr. č. 2 – Zásahový oblek  
FÉNIX II [11]*

#### **2.2.2.2 OBLEČENÍ PRO ZÁCHRANÁŘE**

„Oblek pro záchranáře je určen pro záchranu osob v zahořeném prostoru – není to oblek pro hasiče. Je to speciální ochranný oblek podle ČSN EN 531, EN 343 a EN 1149-3 kde materiálem je Nomex® III v gramáži 260 g/m<sup>2</sup> nebo Nomex® Tought, popřípadě odlehčený prodyšný Gore-Tex® Flameliner A. Dovoluje dokonalou pohyblivost záchranáře a je odolný proti průniku vody a vodních par.

Jako součást oblečení náleží pracovní rukavice splňující normu EN 659, kde vrchní vrstvu tvoří impregnovaná hovězí kůže, odolná proti vodě, oděru, prořezu, trhu a propíchnutí. Pod ní je membrána Gore-Tex® a tepelně-izolační vložka z pleteniny Kevlar® se sníženou hořlavostí.

Kromě rukavic jsou součástí oblečení i zásahová obuv Fire-Flash, s membránou Gore-Tex®, splňující požadavky normy ČSN EN 345. Jsou vyrobeny z hydrofobní hovězí kůže, jsou odolné vůči vodě, chemikáliím a vykazují antistatické účinky. Jsou řešeny jako vyšší kotníkové a rychlouzávěrem. Jako ponožky splňující fyziologický komfort jsou používány ve složení 60% Coolmax / 30% bavlna, 8% polyamid a 2% Elastan.“ [2]

### **2.2.2.3 OBLEČENÍ PRO ZÁSAHOVÉ JEDNOTKY POLICIE**

„Dvoudílný oblek v barvě černé se sníženou hořlavostí podle EN 531 a EN 343 je buďto ve tvaru kombinézy nebo dvojdílného obleku a je dále odolný proti povětrnostním vlivům, vodě a chemikáliím. Materiálem je obvykle Nomex® Comfort Rip-Stop v gramáži kolem 220 g/m<sup>2</sup> a má permanentně antistatické účinek díky vodivému vláknu P 140 (vlákno jako jádro v přízi Nomex® Delta A) snižuje nebezpečí dopadu jisker na oblečení. Dále je používán lehčí, prodyšnější materiál Gore-Tex® Flameliner v gramáži kolem 150 g/m<sup>2</sup>.

Kromě uvedeného oblečení má policie k dispozici ještě oblečení výstražné s vysokou viditelností v barvě jasně žluté nebo oranžové splňující požadavky ČSN EN 471 a vyrábí se v provedení vesta, kombinéza, dvoudílný oblek a kabát, vše s reflexními nášivkami. Materiál je obvykle 100% polyester s hydrofobní úpravou.“ [2]

### **2.2.2.4 SPECIÁLNÍ OCHRANNÉ ODĚVY**

„Jedná se o oblečení *protichemické, protibiologické a protiradiační*. Je ve tvaru kombinézy a představuje vysoký stupeň ochrany těla a dýchacích cest proti působení životu nebezpečných vlivů okolního prostředí. Tento plně hermetický oděv, jištěný pododěvním dýchacím přístrojem, umožňuje vstoupit do prostředí, v němž je přítomnost zdraví nebo životu nebezpečných koncentrací životu agresivních nebo toxických látek a možnost potřísnění aerosolem nebo kapalinami. Použitá tkanina obleku má oboustranný zátěr butylkaučukem – z vnější strany s retardérem hoření. Švy jsou přelepeny, oblek má rukavice z integrované pleteniny ve směsi bavlna/polypropylen s fyziologickým účinkem. Odolnost proti chemikáliím je klasifikována 6 třídami, kde kritériem je rezistenční doba v minutách. Pro nejslabší třídu 1 je rezistenční doba  $\geq 10$  min., pro třídu 6 je doba  $\geq 480$  min. Chemické odolnosti jsou proti anorganickým kyselinám a zásadám, proti organickým rozpouštědlům a proti anorganickým plynům, jako je Cl, F, HCl, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>. Oblek má omezenou dobu působnosti v agresivním prostředí a pohybuje se do 90 min. při teplotě do 40 °C a 60% relativní vlhkosti. Údržba oděvu spočívá v jeho opláchnutí, popřípadě vyprání ve vodě 60 °C s přísadou soli a dezinfekce v 1% Ajatinu.

Zkoušení oděvu se provádí jednak vizuálně, zda není poškozen, jednak tlakovou zkouškou, kterou se ověří jeho prodyšnost. Uvedený speciální oblek je certifikován podle ČSN EN 465:1997, A1:1999.“ [2]



*Obr. č. 3 – Ochranný oděv OCHOM 05 EXT [12]*

#### **2.2.2.5 OBLEČENÍ PRO PRACOVNÍKY V PRŮMYSLU**

„Jedná se o pracovníky v energetických provozech, mezi které jsou zařazeny především rafinérie ropných produktů, jejich sklady, chemické provozy, plynárenské závody, benzinová čerpadla apod. Tato ochranná oblečení jsou se sníženou hořlavostí podle ČSN EN 343, mají zvýšenou odolnost vůči teplu, permanentně antistatický účinek, odolnost proti elektrickému oblouku, jsou odolné vůči chemikáliím a proti nepříznivému počasí. Používanými materiály jsou především Nomex® Comfort, Nomex® Delta C Gore-Tex® Flameliner, aramidová tkanina, Zircone®, polyesterový fleece jako tepelná izolace. Oblek je střihově řešen jako dvoudílný (kalhoty, kabát) v barvách šedých, černých a vínových s reflexními nášivkami, doplněnými kloboukem nebo kapucí pro nepříznivé počasí. Pro taviče je k dispozici oblečení ve tvaru kombinézy, se sníženou hořlavostí, odolný proti rozstříku kovu, hliníku a pro svářeče podle EN 531, ve složení 50% viskóza, 30% vlna, 20% polyamid.“ [2]

## 2.3 VÝVOJ V OBLASTI OCHRANNÝCH ODĚVŮ

„Současná doba se vyznačuje rostoucími požadavky na zajištění ochrany uživatele před úrazem. Tradiční místo na poli ochranných pomůcek a oděvů představují textilní výrobky. Výrobci v České republice i zahraničí se specializují na tuto oblast dlouhodobě a snaží se nabídnout uživatelům vysokou bezpečnost při dosažení maximálního uživatelského komfortu.

Ochranné oděvy a aplikace určené pro potřeby ozbrojených složek představují nezanedbatelný podíl a jsou pro řadu výrobců klíčové. Z pohledu výrobců se může jednat o specifické propojení specifických ochranných vlastností s prvky sportovních textilií vedoucím k zajištění vysokého uživatelského komfortu. Z pohledu speciálních aplikací pro ozbrojené složky je hlavní prioritou získávání informací a požadavků z odborných konferencí zaměřených na tuto oblast. Výzkum a vývoj v této oblasti se soustředí zejména na tyto oblasti:

- aplikace nových membrán, stále větší propojení ochranných funkcí tkanin a komfortu definovaného v oblasti outdoorových textilií
- aplikace plazmatických povrchových úprav a tvorba zátěrů umožňujících snížení špinivosti, smáčivosti, hořlavosti nebo naopak zvýšení savosti, prodyšnosti
- aplikace vícefunkčních ochranných oděvů pro hasiče a záchranáře s integrovanými bezpečnostními prvky pasivní i aktivní ochrany jako jsou vodivá vlákna, snímače a čidla s vyhodnocováním informací od uživatele
- vývoj oděvů s kombinovaným účinkem ochrany
- vývoj filtračních materiálů pro speciální aplikace, magnetické textilie, úpravy pomoci nanočástic
- vývoj ekologických materiálů a snadno odbouratelných materiálů na bázi kompozitů a biopolymerů šetřících životní prostředí
- související oblast údržby (prádelenského servisu), která spolurozhoduje o ekonomice i udržení standardních ochranných vlastností OOP (osobních ochranných pomůcek) s vyšší pořizovací hodnotou, včetně studia možnosti „reaktivace“ v prádelenských technologiích“ [23]

### **3 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY**

Veškeré ochranné oděvy a doplňky k nim, které pracovník používá při každodenní zásahové a další činnosti, musí vyhovět všem právním předpisům a technickým parametrům. Ty nařizuje a ustanovuje vláda v příslušných normách a vyhláškách. Tato kapitola je proto zaměřena na studii požadavků a předpisů, které se týkají speciálních pracovních oděvů.

#### **3.1 CERTIFIKACE ODĚVŮ**

„Certifikace, má-li být uznávaná mezinárodně, vychází z předpokladu, že předmět certifikace bude splňovat předem stanovené a přijaté požadavky, uvedené v normách nebo jiných technických dokumentech, s nimiž má být tento předmět certifikace ve shodě.

Certifikace je postup, kterým třetí strana poskytuje písemná ubezpečení, že výrobek, proces nebo služba je ve shodě se specifikovanými požadavky. Proto musí existovat:

- Nezávislý orgán třetí strany (autorizovaná osoba), notifikovaná nebo akreditovaná osoba
- Přesně vymezené požadavky
- Písemný dokument potvrzující shodu.

Za první stranu je považován distributor, za druhou stranu odběratel. Vychází se ze zásady, že je povinností dodavatele zajistit dodávku vyhovujících výrobků, a na žádost odběratele nebo jiného kompetentního orgánu prokázat a doložit shodu s vymezenými požadavky.

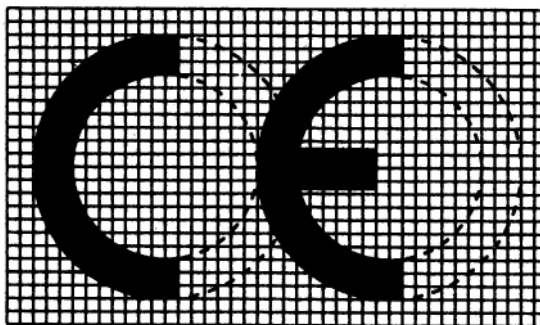
V poslední době je velký tlak odběratelů na zvyšování jakosti výrobků i poskytovaných služeb. Tyto požadavky jsou zakotveny v normách, technických specifikacích apod. A na úroveň těchto norem a předpisů klade certifikace důraz a tím i na úroveň výroby, na úroveň služeb a na úroveň vyráběných produktů od jejich vzniku až do jejich užití.

Certifikace dobrovolná je založena na smluvním vztahu mezi příslušným orgánem a organizací a zájemcem o certifikaci – tedy na dobrovolném závazku plnit smlouvené podmínky plynoucí z certifikace.

Certifikace je povinná pouze stanovením nařízení vlády a má oporu v zákonech a jiných legislativních opatřeních, které ukládají povinnosti a tedy i požadavek na certifikaci. Patří do oblasti veřejnoprávní. V textilní oblasti se např. týká speciálních pracovních oděvů, zdravotnických textilních výrobků, výrobků a hraček pro děti do 3 let života (NV 19/2003 Sb.), některých technických textilií, textilií pro záchranné práce, atd.

Shoda je splnění všech specifikovaných požadavků na výrobek, proces nebo službu (zakotveno v pokynech ISO-IEC 2 a ČSN EN 45020 z roku 1995). Shodu lze stanovit splněním všech specifikovaných požadavků.

Písemnou formou ubezpečení výrobku o shodě se již nezajišťuje prohlášením dodavatele (ani jiného subjektu), ale označením výrobku symbolem CE nebo jinou značkou shody, případně výrobce nebo dovozce vydává ES prohlášení o shodě. To má zpravidla předepsaný obsah a náležitosti. Dodavatel může také použít místo tohoto prohlášení certifikát shody, zásadou ale zůstává, že prohlášení o shodě je věcí výrobce (u výrobku), jeho pověřeného zástupce, případně dodavatele. Role výrobce nebo dodavatele je nezastupitelná a on také odpovídá za škody způsobené vadným výrobkem. Právo se staví vždy na stranu nejslabšího článku – tj. na stranu spotřebitele. Tomu se musí dodat výrobek bezpečný, zdraví neohrožující, ale také funkčně způsobilý, vhodný pro daný účel a provedení podle uznaných technických pravidel současného stavu techniky. Symbolem pro označení shody výrobku, v souvislosti se Směrnicemi ES (Evropského společenství) je nejfrekventovanější značka CE (*obr. č. 4*). Toto označení však nenahrazuje prohlášení dodavatele nebo certifikát shody.



*Obr. č. 4 – Symbol označení shody [3]*

Certifikace a hodnocení shody jsou svázány se zkoušením a zkušebními organizacemi, a ty zase s normalizační činností a s orgány normotvornými. Jak se vyvíjely normy od řešení jednoduchých požadavků sjednocování rozměrů, tvarů, formátů až po normalizaci bezpečnostních i funkčních vlastností, tak se ukázalo nezbytným, normalizovat i metody a postupy k jejich vyzkoušení a vyhodnocení.

Tam, kde je zákonná regulace nezbytná, je přikročeno ke zpracování Směrnic, jako zákonného dokumentu podrobně popisujícího technické požadavky na výrobky. Tam, kde výrobce tyto normy nepoužije, musí prokázat stanovenými postupy, že jeho výrobky vyhovují základním požadavkům Směrnice.

Při výrobních certifikacích je používána převážně certifikace třetí stranou. Tyto systémy mohou být povinné, dané zákonnou úpravou, nebo dobrovolné. Certifikace třetí stranou poskytuje objektivní posouzení pro potvrzení shody a spolehlivý nástroj pro orgány státní správy, odpovědné za bezpečnost a ochranu osob, majetku a životního prostředí.“ [3]

## 3.2 PRÁVNÍ PŘEDPISY TÝKAJÍCÍ SE OOPP

„Rozsah a bližší podmínky poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, mycích, čistících a dezinfekčních prostředků upravuje nařízení vlády (NV č.495/2001 Sb.), které přebírá požadavky evropské směrnice 89/656/EHS a postupy a požadavky uplatňované v ČR jsou proto plně kompatibilní s ostatními státy v EU.

Je třeba mít na paměti, že bezprostřední nákup zmíněných prostředků od výrobců, prodejců, distributorů a dovozců je v případě scházejícího „ES prohlášení o shodě“ k výrobku spojen s velkým rizikem a možným postihem v případě pracovního úrazu zaměstnance. V ČR se ročně prodají OOPP za více než tři miliardy korun. To samozřejmě podněcuje zájem seriózních firem, ale i těch, kteří nepostupují vždy legálním způsobem a jejichž produkce nesplňuje očekávanou ochrannou funkci (např. reflexní vesty normu EN 471).

Lze proto doporučit, aby byl nákup proveden u firem, které respektují předpisy a vyrábějí nebo distribuují zboží známého původu, známé kvality, účinku a za podmínek daných obchodními zákony. Tyto firmy jsou také schopny poskytnout potřebné garance



a informace o svých produktech a doplnit je o technické parametry dle potřeby zákazníka (zaměstnavatele), tak aby měl kvalitní základ pro jejich výběr.“ [1]

„Hlavní povinnosti, které musí zaměstnavatel splnit při poskytování osobních ochranných pracovních prostředků ve svém podniku, ukládají právní předpisy:

- Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů (dále ZP); ustanovení § 104
- Nařízení vlády č. 495/2001 Sb., kterým se stanoví rozsah a bližší podmínky poskytování osobních ochranných pracovních prostředků a mycích, čistících a dezinfekčních prostředků (dále MČDP), ve znění pozdějších předpisů.

Poskytnuté OOPP musí chránit zaměstnance před riziky, nesmí ohrožovat jejich zdraví, nesmí bránit při výkonu práce a musí být označeny CE.

- Označení CE znamená, že výrobek splňuje požadavky příslušné evropské směrnice (v tomto případě ES 89/686/EHS).
- Označení CE umísťuje na výrobek výrobce nebo jeho zplnomocněný zástupce. Pro uživatele je to signál, že je výrobek za podmínek uvedených v návodu bezpečný.
- Přítomnost označení CE na výrobku by měla nahradit předložení prohlášení o shodě nebo certifikátu. Proto je také neoprávněné umístění označení CE trestáno vysokými pokutami až 20 mil. Kč.
- Přidělované OOPP musí:
  - být po dobu používání účinné proti vyskytujícím se rizikům a jejich používání nesmí představovat další riziko;
  - odpovídat podmínkám na pracovišti;
  - být přizpůsobené fyzickým předpokladům jednotlivých zaměstnanců;
  - respektovat ergonomické požadavky a zdravotní stav zaměstnanců; být vzájemně slučitelné, pokud podmínky vyžadují jejich kombinaci.“ [4]

„Nařízení vlády 21/2003 Sb. ze dne 9. prosince 2002, kterým se stanoví technické požadavky na osobní ochranné prostředky. Vláda nařizuje podle § 22 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých

zákonů, ve znění zákona č. 71/2000 Sb. a zákona č. 205/2002 Sb., (dále jen "zákon") k provedení § 11a odst. 2 písm. c), § 11 odst. 2, § 12 odst. 1 a 3 a § 13 odst. 2 § 1 zákona základní ustanovení:

- (1) Tímto nařízením se v souladu s právem Evropských společenství stanoví technické požadavky na osobní ochranné prostředky.
- (2) Pro účely tohoto nařízení se za osobní ochranný prostředek považuje každé zařízení nebo prostředek určený k nošení nebo držení jednotlivcem pro ochranu před jedním nebo více zdravotními a bezpečnostními riziky. Za osobní ochranný prostředek se rovněž považuje.
  - a) technická sestava, tvořená několika výrobcem nedílně spojenými zařízeními nebo prostředky, pro ochranu jednotlivce proti jednomu nebo více potenciálně současně působícím rizikům,
  - b) ochranné zařízení nebo prostředek spojené oddělitelně nebo neoddělitelně s osobní výstrojí bez ochranného účinku, nošenou nebo drženou jednotlivcem při provádění určité činnosti,
  - c) vyměnitelná součástka osobního ochranného prostředku, která je nezbytná pro jeho bezchybnou funkci a je použita výhradně pro tento prostředek.
- (3) Jakýkoli systém uváděný na trh společně s osobním ochranným prostředkem, určený pro připojení k jinému vnějšímu doplňkovému zařízení, je považován za nedílnou část tohoto prostředku, a to i tehdy, jestliže tento systém není určen pro stálé nošení nebo držení uživatelem po celou dobu, kdy je vystaven riziku.
- (4) Pro účely tohoto nařízení se za osobní ochranné prostředky nepovažují
  - a) osobní ochranné prostředky, které jsou stanoveným výrobkem podle jiného nařízení vlády vydaného k provedení zákona, které stanoví podmínky pro jejich uvedení na trh a požadavky na bezpečnost,
  - b) osobní ochranné prostředky vymezené seznamem výrobků v příloze č. 1 k tomuto nařízení nezávisle na tom, zda jsou vyjmuty podle písmena a).
- (5) Stanovenými výrobky podle tohoto nařízení jsou ve smyslu § 12 odst. 1 písm. a) zákona osobní ochranné prostředky.

### 3.3 VŠEOBECNÉ POŽADAVKY NA OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY

Osobní ochranné prostředky musí poskytovat přiměřenou ochranu proti všem působícím rizikům.

#### Zásady navrhování

**1. Ergonomie** - Osobní ochranný prostředek musí být navržen a vyroben tak, aby uživatel mohl v předpokládaných podmínkách používání normálně vykonávat činnost, při které je vystaven riziku, a přitom využíval náležité ochrany nejvyšší možné úrovně.

**2. Úrovně a třídy ochrany**

- *Nejvyšší úroveň možné ochrany* – Za optimální úroveň ochrany se při navrhování pokládá úroveň, při jejímž překročení by omezení, způsobená používáním osobního ochranného prostředku, bránila jeho efektivnímu používání během doby vystavení uživatele riziku nebo během normálního vykonávání dané činnosti.
- *Třídy ochrany odpovídající různým úrovním rizika* – Pokud se předpokládané podmínky používání liší tak, že lze rozlišit více úrovní stejného rizika, musí být při návrhu osobního ochranného prostředku vzaty v úvahu i příslušné třídy ochrany.

#### Nezávadnost osobního ochranného prostředku

**1. Nebezpečné a další omezující vlastnosti** – Osobní ochranný prostředek musí být navržen a vyroben tak, aby při předpokládaných podmínkách používání byly vyloučeny nebezpečné a rušivé vlastnosti.

- *Vhodnost použitých materiálů* – Materiály osobního ochranného prostředku, včetně produktů jejich rozkladu, nesmějí nepříznivě ovlivňovat hygienu nebo zdraví uživatele.
- *Vhodnost povrchu všech součástí osobního ochranného prostředku, které jsou v přímém styku s uživatelem* – Jakákoli součást osobního ochranného prostředku, která je při používání ve styku nebo v možném styku s uživatelem, musí být bez nerovností, ostrých hran, výčnělků a tak dále, které by mohly způsobit nadměrné dráždění nebo zranění.

- *Nejvyšší přípustná omezení pro uživatele* – Vykonávané pohyby, zaujímané pozice a smyslové vjemy mohou být osobním ochranným prostředkem omezeny jen v nejmenší možné míře. Použití osobního ochranného prostředku nesmí vést k pohybům, které by ohrožovaly uživatele nebo jiné osoby.

#### Pohodlí a účinnost

**1. *Přizpůsobení osobního ochranného prostředku postavě uživatele*** – Osobní ochranný prostředek musí být tak navržen a vyroben, aby usnadňoval uživateli nasazení do správné polohy, a setrvání v této poloze po předpokládanou dobu používání s ohledem na okolní vlivy, vykonávané pohyby a zaujímané postoj. Pro tento účel musí být možné přizpůsobit osobní ochranný prostředek postavě uživatele pomocí všech vhodných prostředků, jako jsou vhodné nastavovací a připevňovací systémy nebo zabezpečení dostatečného výběru velikostí.

**2. *Hmotnost a pevnost konstrukce*** – Osobní ochranný prostředek musí mít co nejnižší hmotnost při zachování konstrukční pevnosti a účinnosti. Kromě specifických dodatečných požadavků, které osobní ochranný prostředek musí splňovat podle bodu 3, aby poskytoval odpovídající ochranu proti příslušnému riziku, musí být též schopen odolávat vlivům okolí za předpokládaných podmínek používání.

**3. *Kompatibilita různých osobních ochranných prostředků určených pro současné používání*** – Jestliže stejný výrobce uvádí na trh několik vzorů osobního ochranného prostředku různých druhů nebo typů k zajištění současné ochrany přilehlých částí těla proti kombinovaným rizikům, musí být tyto vzory kompatibilní.

#### Informace poskytované výrobcem

Při uvedení osobního ochranného prostředku na trh musí být výrobcem vydány a poskytnuty pokyny obsahující kromě identifikačních údajů o výrobcí nebo jeho zplnomocněném zástupci všechny důležité informace o:

- a) skladování, používání, čištění, údržbě, seřizování a desinfekci. Prostředky pro čištění, údržbu a desinfekci doporučené výrobcem nesmějí mít žádný nepříznivý

účinek na osobní ochranný prostředek nebo uživatele, jsou-li používány v souladu s příslušnými pokyny;

- b) dosahované účinnosti daného osobního ochranného prostředku, jak byla stanovena během technických zkoušek ke kontrole úrovně nebo tříd ochrany;
- c) vhodném příslušenství k osobnímu ochrannému prostředku a o charakteristikách příslušných náhradních dílů;
- d) třídách ochrany odpovídajících různým úrovním rizika a z toho vyplývajících limitech užívání;
- e) době ukončení životnosti nebo době životnosti osobního ochranného prostředku nebo jeho určitých součástí;
- f) typu balení vhodném pro přepravu;
- g) významu všech označení;
- h) právních předpisů pokud v souladu s § 8 odst. 4 byly použity;
- i) identifikačních údajích o notifikované osobě (název nebo obchodní firma a její sídlo), která se účastnila ve fázi navrhování osobního ochranného prostředku a jejím identifikačním čísle.

Tyto pokyny musí být přesné a srozumitelné a musí být vyhotoveny minimálně v jazyku členského státu Evropské unie, do kterého je osobní ochranný prostředek určen.

Osobní ochranný prostředek určený pro ochranu celého těla nebo jeho části proti účinkům tepla nebo ohně musí mít tepelnou izolační kapacitu a mechanickou pevnost přiměřenou předpokládaným podmínkám použití.

Použité základní materiály osobního ochranného prostředku a ostatní součásti vhodné pro ochranu před sálavým a konvekčním teplem musí mít patřičný koeficient přenosu dopadajícího tepelného toku a musí být dostatečně nehořlavé, aby bylo vyloučeno nebezpečí samovznícení za předpokládaných podmínek použití.

Pokud musí být vnější strana těchto materiálů a součástí reflexivní, její reflexivní schopnost musí být přiměřená intenzitě toku tepla způsobeného radiací v infračervené oblasti.

Materiály a ostatní součásti osobního ochranného prostředku určeného pro krátkodobé použití v prostředích s vysokou teplotou a osobní ochranné prostředky, které mohou být postříkány horkými produkty, např. velkým množstvím roztaveného materiálu, musí rovněž mít dostatečnou tepelnou kapacitu, aby zadržely většinu

akumulovaného tepla, dokud uživatel neopustí nebezpečnou oblast a neodloží svůj osobní ochranný prostředek.

Materiály osobního ochranného prostředku a ostatní součásti, které mohou být postříkány velkým množstvím horkých produktů, musí rovněž mít dostatečnou schopnost pohlcování mechanických rázů.

Materiály osobního ochranného prostředku a ostatní součásti, které mohou náhodně přijít do kontaktu s plamenem a ty, které se používají ve výrobě protipožární výstroje, musí mít rovněž stupeň nehořlavosti odpovídající třídám rizika spojeným s předpokládaným použitím. Nesmějí se roztavit, jsou-li vystaveny účinkům plamene, ani přispívat k šíření plamene.

Osobní ochranný prostředek určený pro ochranu celého těla nebo jeho části před účinky elektrického proudu musí dostatečně izolovat proti napětím, kterým má být uživatel pravděpodobně vystaven za nejnepríznivějších předpokládaných podmínek používání. Pro tento účel musí být použité materiály a ostatní součásti těchto druhů osobního ochranného prostředku zvoleny nebo konstruovány a zabudovány tak, aby zajistily, že svodový proud, měřený přes ochranné vrstvy za zkušebních podmínek při napětích obdobných těm, které přicházejí v úvahu při používání, bude snížen na minimum a bude v každém případě pod maximální obvykle přípustnou hodnotou, která respektuje toleranční práh.

Spolu s obaly musí být osobní ochranný prostředek určený výhradně pro použití během práce nebo činností na elektrických zařízeních, která jsou nebo mohou být pod napětím, opatřeny označeními udávajícími zejména třídu ochrany nebo odpovídající pracovní napětí, jejich výrobní číslo a datum výroby; na vnější straně ochranné vrstvy takových osobních ochranných prostředků musí být dále volné místo pro vepsání data uvedení do provozu a dat pravidelných zkoušek nebo prohlídek, které mají být provedeny.

Pokyny výrobce musí uvádět zejména výhradní používání, pro které jsou druhy osobních ochranných prostředků určeny, a povahu a četnost dielektrických zkoušek, kterým mají být podrobeny během své životnosti.“ [5]

## 4 ODĚVNÍ KOMFORT OCHRANNÝCH ODĚVŮ

„Ovlivnění výkonu a celkového pocitu člověka při provádění pracovních výkonů je dáno výběrem a správným použitím ochranného obleku. Tuto problematiku řeší vědní disciplína nazývaná fyziologie odívání. Hlavními směry této vědní disciplíny je hodnocení fyzikálních a biologických vlivů působení daného obleku na lidský organismus a zpětně i na dlouhodobý pohled na zdraví a výkonnost uživatele obleku.“[6]

„Oděvní komfort je možno charakterizovat jako souhrn všech vjemů spotřebitele při nošení oděvu. Stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Vnímáme ho jako pocit pohody. Při diskomfortu mohou nastat nepříjemné pocity tepla nebo chladu. Pocity tepla se dostavují při zvětšeném pracovním zatížení nebo při působení teplého a vlhkého klimatu. Pocity chladu se dostavují především jako reakce na nízkou teplotu klimatu nebo nízké pracovní zatížení.

Oděvní komfort má dvě složky:

- ***Funkční komfort***

Funkční komfort zahrnuje fyziologický, senzorický a patofyziologický komfort.

- ***Psychologický komfort***

Tato složka komfortu závisí na kulturní a sociální úrovni a vyjadřuje individualitu zákazníka. V případě koupi oděvu pro denní nošení může dokonce požadavek na psychologický komfort převážit nad funkčním. Tuto složku komfortu tvoří styl, módnost, pohodlnost, barva, konstrukční řešení. Charakter celkového oděvního komfortu se nachází mezi dvěma hraničními body, kde první jsou fyzikální parametry textilie a druhý představuje abstraktní představu. Tato složka komfortu může být hodnocena pouze subjektivně, kdežto funkční složka komfortu může být hodnocena jak subjektivně, tak i objektivně (např. laboratorním zjišťováním vlastností textilií a oděvních vrstev).

**Klimatická hlediska** – oblečení, a to především pracovní nebo sportovní, by mělo v první řadě respektovat tepelně – klimatické podmínky, které jsou podmíněny geograficky. Oděv vhodný pro dané podmínky se stává normou.

**Sociální hlediska** – mezi tyto hlediska patří věk, vzdělání a kvalifikace, sociální třída, postavení nebo pozice v této třídě. Psychologický komfort vysokého postavení v příslušné třídě představovaný odlišným oděvem může kompenzovat nízkou úroveň komfortu termofyziologického.

## 4.1 FYZIOLOGICKÝ KOMFORT ODĚVŮ

Stav lidského organismu, v němž jsou fyziologické funkce v optimu a který je subjektem vnímán jako pohodlí. V tomto stavu může organismus setrvat neomezeně dlouho – pocit pohody, pohodlí (stav fyziologického komfortu). Pociť pohodlí je určitá neměřitelná představa, je dán nepřítomností nepříjemného pocitu přílišného horka nebo zimy.

Ideální stav pro lidský organismus je stav bazálního metabolismu (základní látková výměna). Stav bazálního metabolismu nastává tehdy, když organismus, zdravý, hladový a neoblečený, setrvává v naprosté nečinnosti ve vodorovné poloze, nevykonává žádnou činnost, leží v klimatických podmínkách ( $T=20^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi=65\%$ ) a nepociťuje žádný pocit chladu nebo horka – tehdy probíhá pouze minimální látková výměna, potřebná k udržení funkce tělesných orgánů. Tento stav je ale idealizovaný. Ve skutečnosti organismus produkuje větší množství tepla a také podmínky okolního prostředí neodpovídají ideálním podmínkám. Klesne-li teplota prostředí, dostavuje se u odpočívajícího člověka pocit chladu. Pocitu chladu může být zabráněno vhodným oblečením, které zpomaluje odvádění tepla vyrobeného organismem do okolního prostředí.

Oděv tedy za daných podmínek pomáhá tělu udržovat tepelnou rovnováhu a dává organismu pocit pohodlí. Oděv vytváří kolem těla určité mikroklima, jež ovlivňuje subjektivní pocity nositele. Mikroklima pod oděvem je závislé jednak na tepelném stavu organismu, jednak na klimatických poměrech vnějšího prostředí a na vlastnostech oděvu (na střihu, fyzikálně-chemických vlastnostech textilních materiálů a počtu vrstev



oděvu). Např. materiály, nepropouštějící vzduch a páry, brání průchodu potu z povrchu těla do okolního prostředí a přispívají ke zvýšení vlhkosti vzduchu pod oděvem. Ukazatele mikroklimatu pod oděvem mohou být užitečné pro srovnávací hodnocení různých druhů oděvů.

#### **4.1.1 VLHKOST VZDUCHU POD ODĚVEM**

V podmínkách tepelné pohody se relativní vlhkost vzduchu pod oděvem (ve vrstvě vzduchu mezi pokožkou a první vrstvou oděvu) pohybuje v rozmezí 35 – 60%. Může být o něco nižší než vlhkost okolního vzduchu v důsledku vyšší teploty vzduchu ve vrstvě mezi tělem a oděvem. Nejdůležitější je dynamika vlhkosti vzduchu pod oděvem, která ovlivňuje schopnost oděvu (vlivem materiálu a střihu) odvádět pot z povrchu těla do okolního prostředí.

#### **4.1.2 VLHKOST POKOŽKY**

Vlhkost pokožky je vyjádřena množstvím vyloučené vody – potu, závisí na fyzické námaze a klimatických podmínkách. Hustota a velikost potních žláz je také různá na různých místech těla různá (největší je na čele, stehnech, lýtkách, hýždích, hrudníku, zádech,...). Množství vyloučeného potu také závisí na vykonávané fyzické aktivitě.

Odpařování potu z pokožky způsobuje ochlazování pokožky, ale může zabránovat dýchání pokožkou. Vlhkost hromadí se na pokožce, která není odvedena přes materiál do okolí, způsobuje nežádoucí pocit mokra a nositeli fyziologický diskomfort. Důležité je, aby množství odpařeného potu bylo okolí schopno co nejrychleji přijmout.

Pro oblečeného člověka je jedním z ukazatelů přiměřenosti oděvu podmínkám jeho použití, teplota vzduchu mezi povrchem těla a první oděvní vrstvou. Např. pro osobu ve stavu klidu představuje pohodu teplota vzduchu v oblasti trupu 30 – 32 °C, ale pro osobu vykonávající těžkou fyzickou práci teplota 15 °C.

Pro hodnocení teploty vzduchu pod oděvem je potřeba přihlížet k individuální fyzické aktivitě jedince. Ukazatel teploty vzduchu v různých vrstvách oděvu může být využit ke srovnávacímu hygienickému hodnocení výrobku pro různé účely použití. Např. v podmínkách působení chladu větší pokles teploty vzduchu bezprostředně pod vrchním oblečením (při zachování stejných podmínek) svědčí o menším tepelném odporu oděvu. Při působení větru nastává větší pokles teploty vzduchu pod takovým oděvem, který má vyšší prodyšnost, což je v podmínkách nízké teploty vzduchu záporným ukazatelem. Někdy může být pokles teploty vzduchu pod oděvem v podmínkách chladu i kladným ukazatelem, např. je-li žádoucí zmenšit tepelný odpor oděvu po dobu konání fyzické práce a tím zamezit přehřátí organismu.

### 4.1.3 TEPLOTA POKOŽKY

Teplota pokožky závisí na měřené části těla, na prokrvení jednotlivých částí. Nejvyšší teploty 35 – 36 °C se měří v dobře prokrvených částí těla jako je hlava, břicho, hrudník a v místě ledvin. Na periferních částech dosahuje teplota povrchu těla pouze 29 – 31 °C. Vnitřní teplota organismu je vyšší než 37 °C.

Do vzduchu v prostoru mezi tělem a oděvem se neustále dostávají produkty látkové výměny, mezi něž patří zejména oxid uhličitý, vznikající při kožním dýchání. Obsah oxidu uhličitého v prostoru mikroklimatu je ukazatelem stupně jeho zamoření produkty kožního dýchání a větrání. Větráním se tyto zplodiny odstraňují. Intenzita větrání je závislá na prodyšnosti oděvu a jeho konstrukčním řešení. Pod vícevrstevným oděvem, který má celkově nižší prodyšnost, je obsah oxidu uhličitého větší než pod oděvem jednovrstevným. Podle údajů J. V. Vadkovské je obsah oxidu uhličitého pod bavlněnou košilí o 0,15% vyšší než v okolním atmosférickém vzduchu. Oblékne-li se přes tuto košili sako a polosezónní plášť, je obsah oxidu uhličitého vyšší o 0,23%, při oblečení zimního pláště o 0,37% vyšší než v okolní atmosféře.

Podle údajů Širbeka obsah oxidu uhličitého pod oděvem překračující 0,8% vyvolává nepříjemné subjektivní pocity, způsobené zhoršením tepelného stavu organismu v důsledku narušení výměny tepla s okolním prostředím. Uvolňování oxidu uhličitého pokožkou se zvyšuje při fyzické práci v teplém prostředí. Právě pro tuto práci je zvláště důležité, aby celkové řešení oděvu i jeho materiály přispívaly k větrání

prostoru pod oděvem. Za hlavní fyziologicko-hygienické vlastnosti oděvu tedy můžeme označit: *tepelně-izolační vlastnosti, schopnost propouštět vodní páry a prodyšnost.*

## 4.2 SENZORICKÝ KOMFORT ODĚVŮ

Senzorický komfort je tvořen mechanickým a tepelným kontaktem mezi textilií a lidskou kůží. Senzorický komfort je dán povrchovými a tepelnými vlastnostmi textilie, dále splyvavostí a stlačitelností textilie (počtem kontaktních bodů textilie s lidskou pokožkou), konstrukcí a velikostí oděvu.

Mechanický kontakt může za jistých okolností i dráždit kůži, způsobovat nežádoucí pocity, popisované jako píchání, škrábání, pocit lepivosti, apod. Tento typ komfortu je také výsledkem úrovně fyziologického komfortu, např. pocit lepivosti je dán nedostatečným odvodem potu z pokožky. Některé z těchto pocitů mohou být vyhodnoceny objektivně.

Senzorický komfort zahrnuje kromě mechanických aspektů také pocity tepla a chladu, které styk s textilií vyvolá. Tento pocit má význam v okamžiku, kdy zákazník zkouší textilií nebo oděv před koupí.

## 4.3 PATOFYZIOLOGICKÝ KOMFORT ODĚVŮ

Patofyziologický komfort může být způsoben přítomností alergizujících látek v textilií. Přítomnost patofyziologických látek (chemické látky v pracích prostředcích, bakterie, plísně v textiliích) může způsobit alergizující projevy pokožky.

## 4.4 TERMOFYZIOLOGICKÝ KOMFORT ODĚVŮ

Je to stav lidského organismu, v němž jsou termofyziologické funkce v optimu. Tento stav je subjektivně vnímán jako teplotní pohodlí. Termofyziologický komfort textilií lze charakterizovat pomocí dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu. Výparný odpor charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v

důsledku odparu potu. Zde rozlišujeme celkový výparný odpor oděvu a výparný odpor vrstvy vnějšího přilehlého vzduchu, tzv. mezní vrstvy. Celkový tepelný odpor oděvu se sestává z odporu vlastního oděvu a tepelného odporu mezní vrstvy. Záleží tedy na tzv. vlhkostním gradientu.

Při zvýšené fyzické námaze tělo reguluje svoji vnitřní teplotu zvýšeným pocením. Při použití klasických přírodních materiálů (bavlna, viskóza, vlna), které jsou nasáklivé a vlhkost vážou přímo ve vláknech, se pot hromadí zejména v prádle. V následné klidové fázi se dostaví pocit vlhka, prádlo začne studit a to je nejen nepříjemné z hlediska zhoršení oděvního komfortu a psychické pohody, ale nese to s sebou i riziko prochlazení. Při použití oděvu z funkčních textilních materiálů se vlhkost od pokožky postupně odvádí. Aby systém fungoval, musí odvod potu od pokožky zabezpečovat všechny vrstvy oblečení. Nejrychlejší odvod vlhkosti musí samozřejmě zajistit materiál spodního prádla.“ [7, 8]

## **4.5 SKLADBA DÍLČÍCH VRSTEV OCHRANNÉHO ODĚVU PRO HASIČE**

„Zásahový ochranný oblek není vyroben z jednoho typu textilního materiálu, nýbrž z celé řady speciálních materiálů dávající kompletní zásahový oblek, skládající se vnější vrstvy, vlhkostní a tepelné bariéry. Právě toto třívrstvé složení umožňuje perfektní odolnost vůči ohni, chemikáliím a různým klimatickým podmínkám oproti oblekům jednovrstvým, které takovou ochranu nemohou splnit.

Všechny vrstvy zásahového obleku jako celek musí splňovat podmínku opakovaných cyklů praní, údržby a samotného nošení při zásahu, aniž by se znehodnotily ochranné a komfortní vlastnosti. Při použití ochranného obleku hraje také velkou roli v ochraně hasiče množství vzduchových polštářů a to jednak mezi tělem hasiče a použitým funkčním prádlem, ale také mezi tímto prádlem a spodní vrstvou ochranného obleku. Dále se tato vzduchová izolační vrstva nachází mezi jednotlivými vrstvami ochranného obleku.“ [6]



*Obr. č. 5 – Jednotlivé vrstvy hasičského ochranného oděvu*

#### **4.5.1 VNĚJŠÍ VRSTVA**

„Vnější vrstva je nejčastěji tkanina, která je inherentně nehořlavá, nesráží se a chrání tak vnitřní vrstvy proti ohni a žáru. Nejčastějším materiálem používaným na tuto vrstvu je NOMEX®, PBI® / KEVLAR®. Tato vrstva je nejvíce vystavena tepelnému namáhání a proto při dosažení kritických hodnot tepla působícího na oblek odolává a poskytuje své ochranné vlastnosti omezenou dobu. Dále by tato vrstva měla být poměrně lehká a ohebná, ale musí si zachovávat stálou pružnost, oděruvzdornost a být trvale antistatická. Tato vrstva musí poskytovat odolnost proti roztrhnutí, prořezání, plameni a propíchnutí.

#### **4.5.2 VLNKOSTNÍ BARIÉRA**

Pod nehořlavou tkaninou bývá nejčastěji vlhkostní bariéra – membrána, která plní funkci ochrany proti vodě, vlhku, větru a chemikáliím. Díky mikroporézní struktuře, membrána umožňuje vypařování potu a tělesné vlhkosti směrem ven od těla. Nedovolí však zvenčí kapalinám a vlhkosti pronikat směrem dovnitř k lidskému tělu.

Tyto membrány jsou rovněž nehořlavé, vyrobené z Teflonu nebo velmi obtížně hořlavé z polyuretanu. Kvalita membrány a její schopnost dýchat s vnějším a vnitřním prostředím, jsou určujícími faktory pro celkový komfort použitelnosti zásahového obleku při nošení. Nejznámější membránou používanou při výrobě zásahových obleků je GORE-TEX®, který je nanesený na velmi tenkém textilním materiálu obchodní značky KEVLAR®.

### **4.5.3 TEPELNÁ BARIÉRA**

Za membránou pak následuje vrstva splňující izolační vlastnosti a to hlavně pronikání tepla k lidskému tělu. Tato vrstva je odolná vůči konvekčnímu, kondukčnímu a radiačnímu teplu a většinou bývá vyrobena z tkaniny NOMEX®, KEVLAR® nebo kombinovaných materiálů jako je například PARALINEX®. Kombinací textilních materiálů dochází ke zvýšení významných vlastností, které postrádají jednotlivé textilní materiály. Tato bariéra poskytuje stálou kontrolu a rovnováhu mezi účinky tepla a tepelného stresu.“ [6]

## **4.6 SPODNÍ PRÁDLO JAKO SOUČÁST OCHRANNÉHO ODĚVU**

Nedílnou součástí zásahového ochranného obleku pro hasiče je i nehořlavé spodní prádlo a nehořlavé kukly. Ty plní funkci sekundární tepelné bariéry a zajišťují nezbytný fyziologický komfort. V kombinaci s ochranným oděvem tvoří ideální ochranu lidského organismu i v takových situacích, kdy je člověk vystaven nepříznivému působení okolního prostředí, jako jsou např. účinky ohně a žáru.

„Spodní prádlo tvoří první vrstvu ve směru od pokožky, která zároveň izoluje teplo vytvořené tělem a současně transportuje přebytečné potní páry směrem od těla. Do této skupiny patří všechny typy pleteného termoizolačního prádla s nižší gramáží (do 110 g/m<sup>2</sup>). Jedná se o syntetické pleteniny, jedno i vícevrstvé. Tato vrstva nepohlcuje

potní páry a stabilizuje poměry v mikroklimatu (vzduchovou vrstvou mezi pokožkou a první textilní vrstvou) a její konstrukce a složení jsou proto důležité.

První vrstva, která je nazývána též jako termoizolační prádlo, je pletená. Výrokově se jedná o nátělníky s krátkým nebo dlouhým rukávem, krátké a dlouhé spodky, v barvách bílých, šedých, tmavě modrých, stříhové řešení pro muže a pro ženy. Materiály jsou antibakteriální a fungicidní, ve výrobcích jsou nejznámější firmy CRAFT s výrobky firmy DuPont ze 100% polyesteru a firma MOIRA s laločnatým polypropylenovým vláknem Ultralight (zátažná obouliční žebrovaná pletenina s chytovými kličkami) s určením pro extrémně zátěžové aktivity s vysokou potivostí. Všechny výrobky tohoto druhu zajišťují dokonalý transport vlhkosti od pokožky ven, mají minimální nasákavost, rychle schnou a mají snadnou údržbu.“  
[17]



*Obr. č. 6 – Nehořlavé spodní prádlo NOMEX COMFORT [16]*

V dnešní době je nabídka nehořlavých materiálů pro zásahové oděvy poměrně široká. Materiály jako je NOMEX, Kevlar, Kermel, PBI/Kevlar, PBI Gold, BASOFIL a další zvyšují znatelně ochranu pro hasiče. Na druhou stranu v minulosti také vznikaly problémy s přeceňováním ochranných schopností daných oděvů. Z toho vyplynulo, že hasiči mohli v některých případech potencionální nebezpečí podceňovat a tak se vystavit zbytečnému ohrožení svého zdraví.

Pozornost byla věnována především ochraně proti vnějšímu působení tepla, za to však problematice nošení spodního oděvu nebo prádla určeného pod zásahový oděv nebyla uspokojivě řešena.

Dříve bylo pod hasičský zásahový oděv nošeno různé oblečení. Jednalo se o lehké staniční oděvy nebo také například jen tepláky. Do dnes se objevují i situace, kdy měl hasič pod zásahovým oděvem pouze nahé tělo. V takovém případě, kdy je oděv oblečen na nahé tělo, je nositel ohrožen poměrně velkým rizikem, že se opaří vlastním potem. Naakumulované teplo ohřeje nasáklý pot v oděvu i pot na pokožce nositele na teplotu, která zapříčiní opaření různých stupňů. Jde hlavně o místa, kde se zásahový

oděv přímo dotýká pokožky a je při pohybu na ní přitlačen. Tuto skutečnost mohou doložit i reálné případy, které se naneštěstí přihodily i v České republice.

Potřeby zkoumat interakce mezi vnitřním a vnějším oděvem byly zapříčiněny změnami ve vnější ochraně hasičů, hasebních postupech a zvyklostech. S ohledem na komfort je to všeobecně těsně spojeno s dobrou funkcí těla a bezpečností. Důležitý rozsah výzkumu ve sportu ukazuje některé cesty zkoumání, které mohou být nápomocny při řešení uvedené situace. <sup>[18]</sup>

„Zaměstnání hasičů se dá jednoznačně zahrnout mezi zaměstnání s vysokým zatížením organismu. Proto požadavky na spodní oděv hasiče musí zahrnovat všechny jeho pracovní aktivity. Spodní oděv by měl být z takového materiálu, který by byl vhodný pro dlouhodobé nošení i pod zásahovým oděvem. Optimální vlastnosti materiálu pro spodní oděv hasiče by měly být určeny následovně:

- **Smyslový komfort** – Během dlouhotrvající činnosti musí být materiál příjemný na pokožku a nesmí způsobovat její dráždění.
- **Psychologický komfort** – Během činností se střední a vysokou zátěží je dominantní udržení základní tělesné teploty a materiál musí dovolit v případě potřeby další přiměřené chlazení.
- **Tepelný komfort** – Ačkoliv to není nezbytné, materiál použitý na spodní oděv může zlepšovat existující tepelnou ochranu.“ [18]

---

<sup>[18]</sup> <<http://akce.fs.vsb.cz/2001/ASR2001/Proceedings/papers/60.pdf>> [cit. 2013-03-18]



## 5 SPECIÁLNÍ MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU OCHRANNÝCH ODĚVŮ

„Speciální vlákna mají již sama o sobě řadu požadovaných vlastností (mechanické, tepelné, elektrické, biochemické, chemické atd.), takže textilie z nich vyrobené nevyžadují speciální úpravy. Na druhé straně však často vznikají potíže jak s konstrukcí textilních struktur (řad speciálních vláken je křehká, málo tažná atd.), tak s případným zušlechťováním a barvením (např. pro technické oděvní textilie). To spolu s relativně vysokou cenou speciálních vláken vede ke stavu, že i v současné době se přes 90% všech technických textilií vyrábí z klasických vláken. Je třeba uvést, že zejména u vláken syntetických je možné změnou podmínek přípravy (dloužení, fixace atp.), resp. použitím modifikovaných vláken, vlastnosti výrazně měnit.

Použití vláken v technických textiliích pro vojenské účely je mnohostranné. V řadě případů je shodné s použitím textilií pro jiné technické aplikace s tím, že jsou obvykle požadovány také bariérové schopnosti, možnost kamufláže a zabudování speciálních informačních systémů.

Jako vlákna chránící vůči extrémním výkyvům počasí se používají zejména aromatické polyamidy (kevlarové rukavice pro tankisty), vlákna obsahující kapsule s PCM materiály, resp. inteligentní gely a slitiny (vytvoří objemnější strukturu, ovlivní pórovitost atd.).

Pro textilie odolávající pronikání střel (balistická odolnost), resp. ostrých předmětů se volí vlákna aramidová, resp. z vysokomolekulárního polyetylénu. To postačuje pro ruční i palné zbraně kalibru 5,6 až 11,2 mm. Pro vojenské střely větší průraznosti je potřebné použít na povrchu textilie keramické destičky. Stejně materiály se používají pro vojenské helmy.

Z hlediska ochrany proti ohni je zásadním problémem doba působení. Prakticky žádná textilní struktura nevydrží v ohni déle než 10 minut. Nehořlavé úpravy zabraňují především šíření ohně, mají samo-zhášivý efekt a intumescentní efekt (zvětšení objemu obvykle vytvořením nehořlavé bariery na povrchu textilie). Pro textilie se silně sníženou hořlavostí se používají především vlákna z meta-aramidů (NOMEX), resp. jejich kombinace s paraaramidy (KEVLAR). Tyto textilie chrání zároveň proti extrémním výkyvům teplot a pronikání střel, resp. ostrých předmětů. Proti rázovému

působení plamene se využívá také inteligentních struktur na bázi slitin (NITINOL), resp. polymerů.

Pro méně náročné aplikace se používá také nehořlavě upravených klasických vláken. Nejlepší výsledky poskytuje vlna zpracovaná solemi zirkonu a titanu (ZIRPRO). Ochranu proti pronikání kapalin lze zajistit s využitím různých typů membrán (GORETEX atd.), resp. inteligentních gelů. Tyto gely mohou také sloužit jako selektivní ochrana vůči otravným látkám.“ [9]

## 5.1 VYSOCE VÝKONNÁ VLÁKNA

Do této kategorie speciálních vláken se řadí vlákna vysoce pevná, vlákna s vysokým modulem a tepelně odolná vlákna. Zde jsou podrobněji vysvětlena vlákna vysoce pevná a vlákna tepelně odolná.

### 5.1.1 VYSOCE PEVNÁ VLÁKNA

„Použití vláken jako vysoce výkonných materiálů v inženýrských strukturách vychází ze tří základních výhod:

1. Poměrně malý příčný rozměr s ohledem na mikrostrukturní parametry (krystality atd.). Projevuje se zde typický *size efekt*, tj. vlákna jsou relativně výrazně pevnější, než silné polymerní tyčinky. U nepolymerních vláken se s poklesem průměru snižuje pravděpodobnost, že v něm bude kritický defekt způsobující porušení. U vláken polymerních se ještě projevuje i orientace řetězců do osy vlákna a zvýšené využití meziřetězcových vazeb.
2. Vysoký stupeň flexibility typický pro materiály s malým průřezem a vysokým modulem. To umožňuje formování vláken do vláknenných struktur (lana, kompozita, mřížky, tkaniny, pleteniny).
3. Vysoký štíhlostní poměr využitý zejména u kompozit, kdy se velká část zatížení přenáší přes matrici na tuhé a pevné vlákno.

Základní oblasti použití vysoce pevných vláken jsou kompozitní struktury, ochranné oděvy (vesty, rukavice) a technické textilie (kosmos, letadla, lodě). Tato vlákna mají obvykle také vysoký počáteční modul  $E$ , odolnost vůči zvýšeným teplotám, působení chemikálií a další výjimečné vlastnosti. Základní skupiny vysoce pevných vláken podle chemického složení jsou:

- Keramická vlákna (např. karbid křemíku SiC) – označení KE
- Uhlíková vlákna – označení C
- Paraaramidy (typu Kevlar, Technora) – označení PA
- Polyolefiny (vysoce pevný PE – typu Spectra, Dyneema) – označení PO
- Skleněná vlákna – označení S
- Monokrystaly – Whiskers – označení W
- Kovová vlákna – označení M

Obecně platí, že uhlík, keramika, sklo a whiskery mají nízkou odolnost v ohybu a vznikají problémy s jejich textilním zpracováním. Na druhé straně mají aramidy a další organické polymery vysokou odolnost v ohybu umožňující snadné textilní zpracování (tkaní, pletení).

### 5.1.2 VLÁKNA S VYSOKOU TEPELNOU ODOLNOSTÍ

Textilie odolné vůči teple mají nejen zabránit zapálení a šíření ohně, ale chránit jako bariéra proti pronikání vysokých teplot a ohně do dalších vrstev nebo na povrch těla. Tedy samotná nehořlavost nepostačuje a je vyžadována i tepelná odolnost. To vedlo k výzkumu vláken, která nejsou termoplastická a odolávají pyrolýze do cca 400°C. Nad touto teplotou tvoří aromatické zuhelnatělé struktury, které stále mají dostatečné mechanické vlastnosti pro alespoň krátkodobé použití. Takto se chovají jak aromatické polyamidy, tak celá řada dalších polymerů, jejichž LOI je větší než 30. Nejznámější z této skupiny jsou polyamidimidy (PAI), polybenzimidazol (PBI), novoloid (Kynol) a částečně karbonizovaná akrylová vlákna (CPAN). Bylo zjištěno, že tendence ke tvorbě zuhelnatění (měřeno jako pyrolýza zuhelnatělého zbytku při 850 °C) souvisí přímo právě s LOI. Vysokou tepelnou odolností se obecně vyznačují aramidová vlákna, která si zachovávají vysokou pevnost v tahu a počáteční modul. Vlákna tvořená

para-orientovanou strukturou mají  $T_g$  vyšší než 300 °C. Nižší hodnoty v rozmezí 265 °C až 275 °C odpovídají vláknům s meta-orientovanou strukturou. Aramidová vlákna nemají definovanou teplotu tání, k jejich degradaci a rozkladu dochází při vysokých teplotách. Některé zdroje uvádí teplotu měknutí přibližně okolo teploty 520 °C u para-orientované struktury.

Vlákno Nomex odolává dlouho teplotám až 300 °C, při nichž si zachovává rozměrovou stabilitu a vysokou hodnotu pevnosti v tahu. Vlákno Kevlar je stabilní do teploty 150 °C, jeho mechanické vlastnosti se sníží přibližně o 30%, pokud je vystaveno teplotě 250 °C po dobu 8 hodin. Ve skupině vláken z aromatických polymerů však existují typy s podstatně vyšší tepelnou odolností, nevyznačují se však příliš dobrými mechanickými vlastnostmi (vlákno Kaisol nebo Kynol odolávají krátkodobě teplotám 1000 respektive 2500 °C).

Kromě bariéry tvořené klasickými zuhelnatělými zbytky se věnuje pozornost také tzv. intumescentním systémům, které vytvářejí tlustou uhlíkovou pěnu izolující proti teplu a ohni. Většina těchto systémů se skládá z fosforečnanu amonného (prostředek pro získání silně kyselého pH), melaminu a jeho sloučenin (pěnicí prostředek) a sloučenin pentaerythritolu (látky tvořící zuhelnatělou strukturu). Při vysokých teplotách (210 °C) se uvolní kyselina fosforečná, která vytváří cyklické fosfáty s pentaerythritolem. Mezi 280 – 330 °C dochází k rozkladu těchto struktur a zbobtnání. Tento efekt je ještě podpořen pěnicím prostředkem (melaminem), který uvolňuje plynné produkty při 270 – 400 °C. Vzniká zuhelnatělá zesílená pěnová vrstva. Při kombinaci nehořlavých viskózních vláken a hybridních viskózních vláken VISIL AP (obsahujících částice křemíku) s intumescentními systémy (nános) lze připravit textilní struktury schopné odolávat teplotám až 1200 °C na vzduchu po dobu 10 minut.

Důvodem této extrémní odolnosti je, že při vysokých teplotách se z VISILu uvolňuje kyselina polykřemičitá a z nehořlavé upravené viskózy kyselina polyfosforečná, která spolu s intumescentním systémem tvoří zuhelnatělou fázi obsahující křemíkovou matici.

Organická vlákna mají standardně uváděný horní limit tepelné odolnosti 500 °C (speciální molekulární kompozit). Dnes však již existují polymery s maximem kolem 700 °C. Tepelná odolnost se posuzuje nejen podle maximální tepelné expozice ale také podle doby působení.“ [9]

### 5.1.3 LIMITNÍ KYSLÍKOVÉ ČÍSLO

„K běžným testům patří zkoušky klasifikace (stupně) hořlavosti (norma UL 94 srovnatelná s EN 60945), samozápalnosti (norma ASTM 1929) a stanovení limitního kyslíkového čísla (LKČ). Limitní kyslíkové číslo (Limiting Oxygen Index (LOI)) udává minimální koncentraci kyslíku v definované směsi dusíku a kyslíku při které vzorek ještě hoří.

Zkušební metoda se zakládá na normě ASTM D-2863 zavedené v USA v roce 1977. Do skleněné trubice přístroje, kterou prochází směs z kyslíku a dusíku, se zavěsí zkoušený vzorek a shora podpálí. Jestliže vzorek hoří déle než 180 vteřin nebo když plamen dosáhne pod určitou značku na trubici, opakuje se zkouška s menší koncentrací kyslíku. Test se provádí tak dlouho, až při určité koncentraci hoří 50 % vzorku.



Obr. č. 7 – Přístroj na měření LOI [14]

Výpočet % koncentrace následuje podle vzorce

$$LKČ = \frac{O_2}{O_2 + N_2} \cdot 100 [\%] \quad (4.1)$$

O<sub>2</sub> značí objem kyslíku a N<sub>2</sub> objem dusíku. Čím vyšší je tato hodnota, tím větší je odolnost materiálu proti vznícení a hoření. V následující tabulce jsou uvedena LKČ některých důležitých textilních vláken.“ [14]

Tab. č. 1 – Hodnoty LOI pro různá vlákna [9]

Klasifikace	Vlákno	LOI [%]	Teplota tání $T_m$ [°C]
Nehořlavá	Sklo	Nehoří	800
Tepelně odolná	Nomex	30	400
	Novoloid (Kynol)	30 – 40	350
	Teflon (PTFE)	95	327
	Uhlíková vlákna	> 60	–
	Polybenzimidazol	41	450
	Polyfenylénsulfid	34	285
Odolná vůči hoření	Modakrylová	27 – 31	160 – 190
	Nehořlavý PES	28 – 32	259
	Kevlar	28	480
	PVC (Vynilon)	35 – 37	210
	Vlna	24 – 26	–
Hořlavá	Bavlna	17 – 19	–
	POP	19 – 20	164 – 170
	Nylon	20 – 22	256
	Polyester	20 – 22	258
	Akrylová vlákna	20	Rozklad
	Viskóza	17 – 19	–

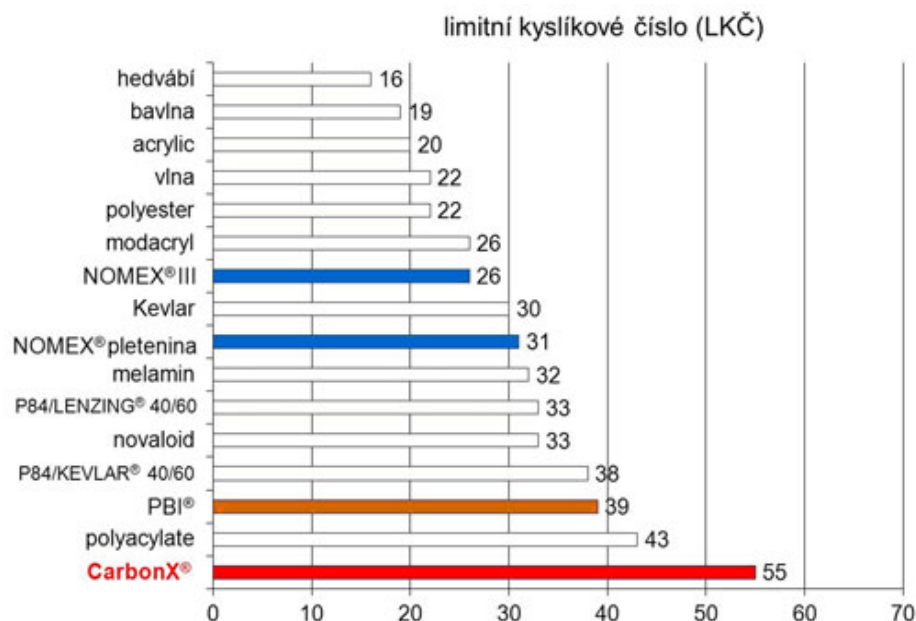
## **6 TEXTILNÍ MATERIÁL CARBONX®**

Materiál CarbonX® je nehořlavá tkanina či pletenina, která u nehořlavého oděvu poskytuje ochranu před ohněm a teplem i v extrémních podmínkách. Při jejich výrobě jsou použity patentované směsi oxidovaných vláken. Tyto nehořlavé tkaniny a pleteniny jsou pak použity v oděvech odolných vůči ohni a naleznou využití v průmyslu, u hasičů, motoristických sportů i v ozbrojených složkách u taktických jednotek.

### **6.1 CHARAKTERISTIKA TECHNICKÉHO VLÁKNA CARBONX®**

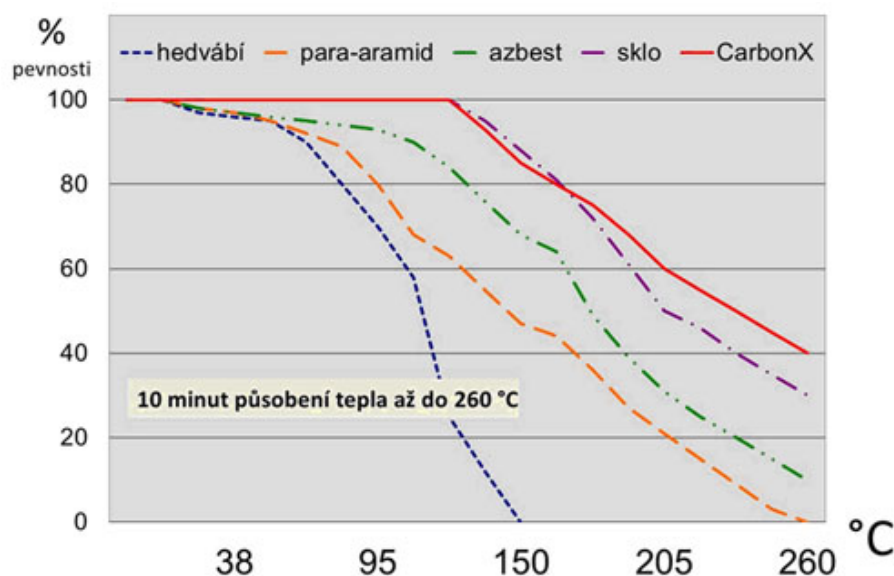
CarbonX® je vyráběn za využití oxidovaných polyakrylonitrilových vláken (oxidized polyacrylonitrile fibers – OPF). OPF jsou teplotně stálé, nehoří, neroztaví se ani se nevznítí, jsou nepropustné vůči postříkání roztaveným kovem a mají mimořádný elektrický odpor. Jedním z četných testů v rámci trhu samozhášecích prostředků, který představuje výjimečné schopnosti OPF, je test na limitní kyslíkové číslo.

Vzduch obsahuje objemově přibližně 20,95% kyslíku, takže jakýkoli materiál s limitním kyslíkovým číslem (LKČ) menším než je tato hodnota, bude na vzduchu snadno hořet. Naopak materiály, u kterých je limitní kyslíkové číslo vyšší než 20,95 mají sníženou schopnost hoření i sníženou schopnost šířit plamen. Po odstranění zdroje (plamene) je tato schopnost dokonce nulová (materiál nehoří). Jak je znázorněno na *Grafu č.1*, CarbonX® na bázi OPF má LKČ 55, což udává, že k hoření vyžaduje téměř trojnásobné množství kyslíku než je ve vzduchu.



Graf. č. 1 – Limitní kyslíkové číslo textilních materiálů

Stejně přesvědčivou ukázkou schopností oxidovaných polyakrylonitrilových vláken, je zachování jejich pevnosti i po intenzivním zatížení horkem nebo ohněm. Graf č.2 podrobně ukazuje hodnotu pevnosti, kterou si zachovávají různá vlákna, pokud dojde ke zvýšení teploty v průběhu času. Při 120°C je OPF jediné vlákno, které má stále 100% původní pevnosti. I po deseti minutách expozice při teplotě 260°C překoná OPF konkurenční produkty a zachová si 40% pevnosti.



Graf. č. 2 – Graf zachování pevnosti



I když je OPF samo o sobě mimořádně vhodnou základní složkou pro výrobu nehořlavých produktů, je pro optimální provedení textilie a její plný funkční výkon nutné použít i výztužné vlákno.

Aby OPF vlákna poskytovala trvalou maximální ochranu a zlepšila pevnost příze, jsou tato vlákna míchána s výztužnými vlákny, čímž se optimalizuje hmotnost příze pro zhotovení tkanin CarbonX<sup>®</sup>. Tato směs zvyšuje odolnost proti oděru a praní i odolnost proti proříznutí. Vše je vyváжено tak, aby umožnilo textilií CarbonX<sup>®</sup> zachovat si pevnost a flexibilitu během katastrofické události, např. při požáru, při postříkání roztaveným kovem nebo při zásahu elektrickým obloukem. Navíc je možné složení směsi dle potřeby měnit a tím dosáhnout optimálních vlastností látky pro specifické případy použití a tím ochranu proti specifickým rizikům.

## 6.2 PROVEDENÍ CARBONX<sup>®</sup>

Řada textilií CarbonX<sup>®</sup> je k dostání v široké paletě pletenin, tkanin a netkaných textilií a poskytuje maximální ochranná řešení pro téměř každé použití v těch nejnebezpečnějších podmínkách současné doby.

Pleteniny CarbonX<sup>®</sup> jsou lehké, prodyšné a příjemné při přímém styku s pokožkou. Vyrábí se v plošné hmotnosti (gramáži) 140 až 340 g/m<sup>2</sup>. Používají se na výrobu spodního prádla, kukel, ponožek, rukavic a dalších výstrojních součástí. K dispozici jsou v barvě černé, šedém melíru, tmavě modré (navy) a zelené (khaki).

Tkanina CarbonX<sup>®</sup> je velmi poddajná, ale při tom velmi trvanlivá a zachovává si svůj vzhled a nežmolkovatí. Vyrábí se v plošné hmotnosti (gramáži) 170 až 850 g/m<sup>2</sup>. Používá se na výrobu nejrůznějších oděvních součástí a doplňků jako například kombinéz, bund, kalhot, plášťů, zásahových hasičských obleků, košilí, zástěr, rukávnicků, převleků, ale i jako vnitřků obuvi. Jako trvanlivá látka se používá také pro výrobu hladkých, voděodolných a pohliníkových produktů. Produkty z tkaniny CarbonX<sup>®</sup> je možno vyrábět v klasické černé barvě, tmavě zelené (olive, khaki) nebo tmavě modré barvě (navy).

Netkané textilie CarbonX<sup>®</sup> jsou standardní i vyztužené netkané textilie, které se vyrábějí v různých tloušťkách a tedy i v různé plošné hmotnosti, která je daná způsobem využití. Standardně se vyrábí v plošné hmotnosti (gramáži) 110 až 600 g/m<sup>2</sup>.

Netkané textilie se používají k tepelné izolaci a k ochraně před šířením plamene např. u závodních automobilů, ale také jako ochranné deky při záchranných akcích hasičů. Zcela inovativní využití nacházejí netkané textilie z CarbonX<sup>®</sup> při ochraně objektů a budov, které jsou ohroženy např. lesními požáry.

Výrobky CarbonX<sup>®</sup> používají také jezdci NHRA a NASCAR, kteří mají podšívku z CarbonX<sup>®</sup> téměř na každé části jejich výbavy, od závodních oděvů po kryty na řadící páky, přilby a obuv jako ochranu proti následkům intenzivního ohně. Pro policisty a vojáky je k dispozici nespočetně mnoho řešení CarbonX<sup>®</sup> s nepřekonatelnou ochranou jako jsou vnitřní vrstva bot, šátky a tašky s vybavením a mnohé další. V podstatě je možné vyrobit CarbonX<sup>®</sup> v takové podobě, že může být použit na výrobu jakékoliv protipožární ochrany včetně ochrany proti roztavenému kovu a elektrickému oblouku.



*Obr. č. 8 – Nehořlavá kukla CarbonX<sup>®</sup>*



*Obr. č. 9 – Nehořlavé spodní prádlo CarbonX<sup>®</sup>*

### **6.3 PŮVOD MATERIÁLU CARBONX<sup>®</sup>**

Materiál CarbonX<sup>®</sup> byl vyvinut společností Chapman Innovations, která byla založena koncem 90. let 20. století v Salt Lake City. Společnost vyvíjí, vyrábí a uvádí na trh řešení tepluodolných tkanin především pod „vlajkovou loď“ společnosti - značkou CarbonX<sup>®</sup> - a to pro různá průmyslová odvětví nebo pro konečné uživatele. Produkty Chapman dennodenně chrání lidi, kteří pracují v nejnebezpečnějších prostředích na světě, včetně průmyslu, požárů, motoristických sportů a průmyslu pro speciální zásahové operace. <sup>[19]</sup>

---

<sup>[19]</sup> <<http://www.carbonx.cz/cs/chapman-innovations>> [cit. 2013-03-19]

## 7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST – TESTOVÁNÍ MATERIÁLU CARBONX®

Experimentální část diplomové práce je věnována měření a vyhodnocení komfortních vlastností nehořlavého spodního prádla CarbonX®. Všechny vzorky materiálu CarbonX® použité pro měření v této práci poskytla firma PÍCHA Safety, s.r.o. Testované materiály jsou blíže popsány v následujících kapitolách.

### 7.1 FIRMA PÍCHA Safety, s.r.o.

Firma *Petr Pícha – ochranné pracovní pomůcky* vznikla počátkem roku 1992. Od svého vzniku se zabývala komplexními dodávkami ochranných pracovních prostředků a pomůcek pro firmy a jejich zaměstnance z nejrůznějších oborů činnosti. Brzy rozšířila svoji činnost o zakázkové šití pracovních oděvů a začala také dodávat firmám úklidové, čistící, mycí a dezinfekční prostředky. Postupně se firma stala partnerem mnoha firem, pro které zabezpečuje úplný servis v dodávkách uvedeného zboží včetně pracovní drogerie.

V lednu roku 2005 byla založena společnost *PÍCHA Safety, s.r.o.*, která je ryze českou společností, bez podílu zahraničního kapitálu. Společnost postupně přebrala veškeré aktivity firmy *Petr PÍCHA - ochranné pracovní pomůcky*. V červnu 2005 prošla společnost úspěšně certifikací shody systému managementu jakosti s požadavky ČSN EN ISO 9001:2001 a obdržela certifikát pro výrobu, nákup, prodej (velkoobchodní i maloobchodní) a distribuci osobních ochranných prostředků. V květnu 2011 prošla společnost úspěšně podruhé recertifikačním procesem a prodloužila tak platnost tohoto certifikátu ČSN EN ISO 9001:2009 do roku 2014.

Společnost působí především v České republice, ale prostřednictvím aktivního marketingu jsou kontaktovány i firmy z okolních států EU.

Je dlouholetým členem Hospodářské komory ČR a vstupuje úspěšně do řady výběrových řízení na dodávky osobních ochranných prostředků, které vyhláší podniky, státní instituce a zejména ozbrojené složky (uniformy, obuv, vybavení a

výstroj). Společnost je díky svým zkušenostem schopna i tyto velké a specifické zakázky realizovat.

Nabízí široký sortiment přímo z velkoobchodního skladu. Firma je schopna zajistit svým odběratelům i specifické o.o.p.p., které jejich současná nabídka neobsahuje, a to i z dovozu.

Jako výrobce zajišťují i zakázkové šití pracovních a profesních oděvů včetně potisků nebo nášivky firemního loga. Pro firmy dodávají i reklamní textil opět včetně potisku nebo výšivek. Sídlo společnosti a prodejní sklady jsou v centru hlavního města.

Společnost PÍCHA Safety, s.r.o. provozuje obchod s ochrannými pracovními prostředky nejenom v Praze, ale i v Sedlčanech a také v Mělníku. Tyto prodejny slouží zároveň jako vzorkovny a sklady pro prodejce v regionu. Na internetových stránkách společnosti <http://www.oopp.cz/> je možnost posoudit šířku a rozmanitost nabízeného sortimentu nejenom pro práci, ale i pro volný čas.<sup>[20]</sup>

---

<sup>[20]</sup> <<http://www.oopp.cz/profil-picha-safety-pg2.html>> [cit. 2013-03-19]

## 7.2 SPECIFIKACE TESTOVANÝCH MATERIÁLŮ

Pro samotné měření byly vybrány 4 vzorky materiálů používaných pro výrobu nehořlavých kukel a spodního prádla o rozměrech 200 x 300 mm. V následující kapitole jsou jednotlivé materiály popsány detailně. Vzorky konkrétních materiálů jsou pak k dispozici pro nahlédnutí v příloze diplomové práce č.1.

### 7.2.1 MATERIÁL CARBONX<sup>®</sup> NSM – 41

Pletenina s označením NSM – 41 je jemná a příjemná na omak. Jedná se o hladký elastický materiál, který díky své pružnosti poskytuje maximální pohodlí i při velké fyzické zátěži. Má výbornou pružnost a tvarovou stálost. Pletenina má vysokou odolnost proti organickým rozpouštědlům a nízkým koncentracím zásad a kyselin. Absorbuje a neutralizuje tělesný zápach a působením UV záření nebledne. Tento materiál splňuje požadavky normy EN 13911. Pro experiment byl použit materiál v černé barvě, k dostání je ale také v barvě navy.

Použití: kukly

Složení: 86% OPF / 14% Para-aramidové pletené textilie

Technologie: Rib pletenina

Plošná hmotnost: 2 x 220 g/m<sup>2</sup>

Symbole údržby:



*Obr. č. 10 – Nehořlavá kukla  
CarbonX<sup>®</sup> NSM – 41*



## 7.2.2 MATERIÁL CARBONX® TK – 60

Tato lehčí pletenina je směsí vysoce účinných vláken doplněných o hydrofilní vlákna pro absorpci a odvod tělesné vlhkosti. Materiál je lehký, pružný, hebký na dotek. Je dobře prodyšný, odvádí tělesnou vlhkost, je rychleschnoucí a pomáhá snižovat tepelné zatížení. Prádlo vyráběno z tohoto materiálu odolává postříkání rozžhaveným kovem, hořlavými kapalinami nebo zásahu elektrickým obloukem.

Spodní prádlo CarbonX® ACTIVE™, které se vyrábí z pleteniny TK – 60, je ideální pro nošení do teplého prostředí v letním období a při aktivním pohybu. Tento materiál splňuje normy EN ISO 11612 a EN 61482. K experimentu byly použity 2 vzorky stejného materiálu, ale odlišných barev. Jeden vzorek v barvě šedá melé a druhý v barvě navy.

Použití: kukly, trička s krátkým a dlouhým rukávem, mikiny, mikiny s kapucemi, dlouhé a krátké spodky (boxerky) a ponožky

Složení: 80% CarbonX®/20 % FR Rayon

Technologie: Pletenina Double Jersey

Plošná hmotnost: 180 g/m<sup>2</sup>

Symbole údržby:



Obr. č. 11 – Nehořlavé tričko  
CarbonX® ACTIVE™



Obr. č. 12 – Nehořlavé spodky  
CarbonX® ACTIVE™

### 7.2.3 MATERIÁL CARBONX® DJ – 77

Pletenina s označením DJ – 77 je hebká na dotek, pružná, velmi dobře prodyšná a rychleschnoucí. Jako ostatní zde použité pleteniny nevzplane při zásahu přímým ohněm ani v extrémním horku, při postříkání rozžhaveným kovem, při zásahu hořlavými kapalinami nebo při zasažení elektrickým obloukem.

Spodní prádlo CarbonX® ULTIMATE™ vyráběné z tohoto materiálu je ideální vrstva oblečení v chladném prostředí a v zimních podmínkách. Splňuje evropské normy EN ISO 11612 a EN 61482.

Pro měření byl použit materiál v černé barvě. Na žádost je k dostání též v navy a olivově zelené barvě.

Použití: kukly, trička s krátkým a dlouhým rukávem, mikiny, mikiny s kapucemi, dlouhé a krátké spodky (boxerky), ponožky a rukavice

Složení: CarbonX® Bi - Blend

Technologie: Pletenina Double Jersey

Plošná hmotnost: 250 g/m<sup>2</sup>

Symbole údržby:     



Obr. č. 13 – Nehořlavé tričko

CarbonX® ACTIVE™



Obr. č. 14 – Nehořlavé spodky

CarbonX® ACTIVE™

## 7.3 ZJIŠŤOVÁNÍ KOMFORTNÍCH VLASTNOSTÍ TEXTILIÍ CARBONX<sup>®</sup>

Na základě konzultací s firmou, pro kterou bylo stěžejní zjištění základních tepelných vlastností a propustnosti pro vodní páry materiálů CarbonX<sup>®</sup>, byl uskutečněn výběr sledovaných vlastností. Z vybraných materiálů se vyrábí spodní prádlo, které je součástí zášahového oděvu. Z hlediska dostupnosti testovaných materiálů bylo proto přistoupeno k hodnocení užitných vlastností právě na vzorcích oděvů používaných jako spodní prádlo pod uniformy.

Cílem této části práce je tedy určit tepelné vlastnosti, relativní paropropustnost a výparný odpor pletenin CarbonX<sup>®</sup>.

### 7.3.1 TEPELNÉ VLASTNOSTI – ALAMBETA

Měření tepelných vlastností materiálů bylo provedeno na přístroji ALAMBETA v laboratoři KHT.

„Tento přístroj měří termofyzikální parametry textilií a to jak stacionární tepelně – izolační vlastnosti (tepelný odpor, tepelná vodivost), tak i vlastnosti dynamické (tepelná jímavost, tepelný tok). Jedná se o poloautomatický počítačem řízený přístroj, který je zároveň s měřením schopen vyhodnocovat statistické hodnoty naměřených údajů a který také obsahuje autodiagnostický program zabraňující chybným operacím přístroje. Celá měřicí procedura, včetně měření a statistického zpracování výsledků trvá méně než 3 – 5 min. U přístroje Alambeta je využito impulsní okrajové podmínky 1. druhu – dané konstantní teplotou kontaktní měřicí plochy 35°C odpovídající konstantní teplotě lidské pokožky, která si i po kontaktu s textilií díky průtoku krve tuto teplotu zachová.“ [21]

*Obr. č. 15 – Přístroj ALAMBETA*





### Měřené parametry:

Jedná se o parametry, které byly naměřeny na použitých vzorcích.

#### *Měrná tepelná vodivost $\lambda$ [W.m<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>]*

Součinitel měrné tepelné vodivosti představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1K. S rostoucí teplotou teplotní vodivost klesá. Hodnota udávaná přístrojem ALAMBETA se musí dělit 10<sup>3</sup>.

Materiály, které mají vysokou hodnotu  $\lambda$  se označují jako vodiče, materiály s nízkou hodnotou  $\lambda$  jako izolátory. Nejmenší tepelnou vodivost mají materiály z velmi jemných vláken. Průměr vláken a tloušťka tepelnou vodivost zvyšují.

#### *Tepelná jímavost $b$ [W.m<sup>-2</sup>s<sup>1/2</sup>K<sup>-1</sup>]*

Tento parametr byl zavedený Hesem v roce 1986, který charakterizuje tepelný omak a představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu.

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \quad (1)$$

Jako chladnější pocítujeme hmatem ten materiál, který má větší tepelnou jímavost.

#### *Plošný odpor vedení tepla $r$ [W<sup>-1</sup>K.m<sup>2</sup>]*

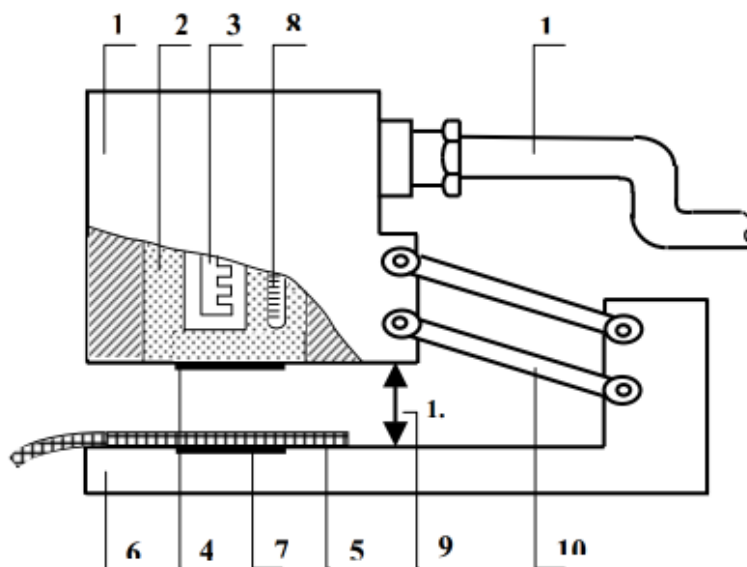
Je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti. Udává, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor. Hodnotu udávanou přístrojem ALAMBETA je nutno dělit 10<sup>3</sup>.

$$r = \frac{h}{\lambda} \quad (2)$$

Nízká tepelná vodivost a vysoký tepelný odpor charakterizují kvalitní tepelnou izolaci.

#### *Tloušťka materiálu $h$ [mm]*

Schéma přístroje:



*Obr. č. 16 – ALAMBETA – schéma [21]*

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1...tepelně izolační kryt | 7...snímač tepelného toku |
| 2...kovový blok           | 8...teploměr              |
| 3...topné těleso          | 10...paralelní vedení     |
| 4...snímač tepelného toku |                           |
| 5...vzorek textilie       |                           |
| 6...základna přístroje    |                           |

### 7.3.2 MĚŘENÍ RELATIVNÍ PAROPROPUSTNOSTI A VÝPARNÉHO ODPORU – PERMETEST

Samotné měření probíhalo na přístroji PERMETEST v laboratoři KHT, kde je PERMETEST umístěn v komoře, která zajišťuje příznivé klimatické podmínky pro měření.

Přístroj slouží k měření tepelného odporu, výparného odporu a relativní paropropustnosti. V tomto případě byl použit pro měření výparného odporu (Ret) a relativní paropropustnosti (RWVP) daných materiálů. Jedná se v podstatě o tzv. Skin model malých rozměrů, na kterém lze měřit za jakýchkoliv klimatických podmínek, protože se měření provádí pod hlavicí, kde jsou podmínky ustáleny.

„Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice (skin model) pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržována na teplotě okolního vzduchu (obvykle 20 – 23°C), který je do přístroje nasáván. Tím jsou zajištěny izotermické podmínky měření. Při měření se pak vlhkost v porézní vrstvě mění v páru, která přes separační fólii prochází vzorkem. Příslušný výparný tepelný tok je měřen speciálním snímačem a jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie nebo nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu. V obou případech se nejdříve měří tepelný tok bez vzorku a poté znovu se vzorkem a přístroj registruje odpovídající tepelné toky  $q_0$  a  $q_v$ .

Při měření tepelného odporu textilního vzorku je suchá měřicí hlavice udržována na teplotě o 10 – 20°C vyšší než je teplota okolního vzduchu. Tepelný tok odváděný ze vzorku konvekcí do okolního proudícího vzduchu je opět registrován.

*Obr. č. 17 – Přístroj  
PERMETEST*



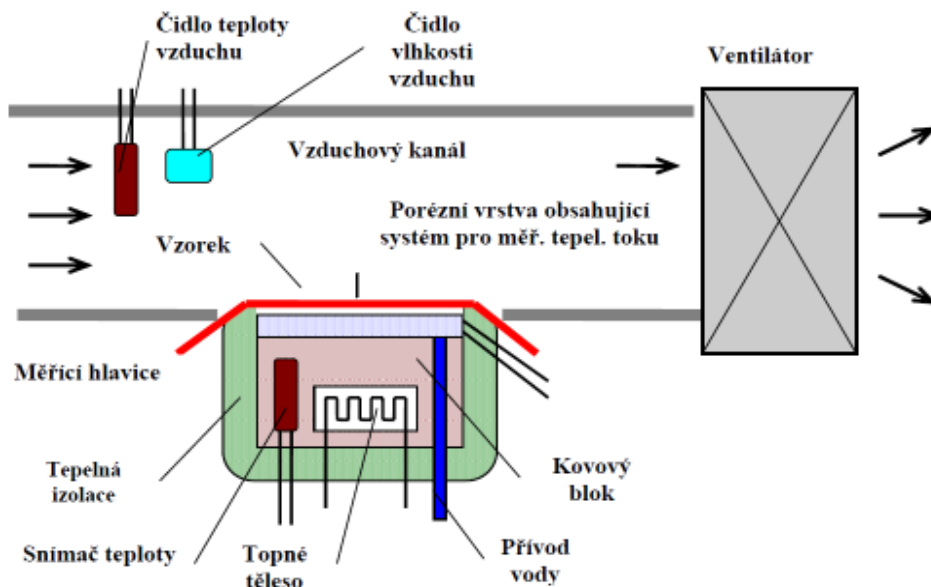
Výhodou je krátká doba měření a možnost provádět měření v jakýchkoliv běžných klimatických podmínkách.

Přístroj je možné použít pro měření:

- Měření tepelného odporu textilií při stabilizované teplotě textilie 320C, nebo při zvoleném rozdílu teploty hlavice a teploty v kanálu v mokrém či suchém režimu.
- Měření výparného odporu a relativní paropropustnosti textilií při izotermních podmínkách.
- Měření výparného odporu a relativní paropropustnosti textilií při anizotermních podmínkách.

Při měření paropropustnosti a výparného odporu vzorků je nutno vhodným postupem zabránit přímému styku měřené textilie s vlhkou měřicí plochou, aby měřená textilie zůstala suchá.“ [21]

Schéma přístroje:



Obr. č. 18 – Permetest - schéma [21]

## **7.4 EXPERIMENT – MĚŘENÍ KOMFORTNÍCH VLASTNOSTÍ TEXTILIÍ CARBONX<sup>®</sup>**

Veškerá měření probíhala v laboratoři na Katedře hodnocení textilií na přístrojích ALAMBETA a PERMETEST, jenž určují komfortní vlastnosti oděvu. Jedná se o nedestruktivní měření.

### **7.4.1 MĚŘENÍ TEPELNÝCH VLASTNOSTÍ ZA SUCHA NA PŘÍSTROJI ALAMBETA**

Měření tepelných vlastností na přístroji ALAMBETA spočívá v průchodu tepelných toků  $q_1(t)$  a  $q_2(t)$  povrchy vzorku od neustáleného stavu k ustálenému ( $t_1$ -teplota měřicí hlavice,  $t_2$ -teplota vzorku, základny přístroje).

K experimentu byly použity 4 vzorky materiálu CarbonX<sup>®</sup>. Zkouška pro zjišťování tepelných vlastností uvedených materiálů byla provedena na přístroji ALAMBETA. Podrobnější popis přístroje i s měřenými parametry je k nahlédnutí v kapitole 7.3.1.

#### **7.4.1.1 SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ**

Rozměry: 200 × 500 × 300 mm

Hmotnost: 15 kg

Příkon: 60 VA

Přítlak hlavice: měnitelný v rozsahu 100 - 1000 Pa, běžný je přítlak 200 Pa

Tloušťka vzorku: 0,5 – 8,0 mm

Rozměr vzorku: min. 100 x 100 mm

Doba měření: 10 – 100 sec.

### 7.4.1.2 POSTUP MĚŘENÍ

Klimatické podmínky při měření: teplota vzduchu 23 °C a relativní vlhkost vzduchu 34%. Každý ze vzorků materiálů byl měřen celkem osmkrát, minimální počet měření pro statistické zpracování dat je tři a maximální počet dvacet. Jednotlivé vzorky byly vloženy do přístroje ALAMBETA tak, aby se jejich rubní strana dotýkala měřící hlavičky (tzn. stranou, která se dotýká pokožky při nošení). Vzorky byly měřeny za sucha. Přítlak hlavičky byl nastaven standardně na 200 Pa.

Před vlastním měřením je důležité nejprve nechat klesnout měřící hlavičku bez vzorku. Tím si přístroj nastaví tloušťku  $h_0 = 0$ . Po té se již vloží měřený vzorek a stiskem tlačítka *ST* se spustí měření. Měření bylo provedeno na vzorcích bez jakýchkoliv nečistot. Tyto vzorky byly do přístroje vloženy bez přehybů či dalších zvláště.

Po měření se stiskem tlačítka *EN* naměřená data uloží do statistiky. Po proměření souboru vzorku se tlačítka *EN* a *RL* zobrazí na displeji počítačem vypočtené statistické hodnoty. Tlačítko *RL* umožňuje listování ve statistice. Naměřené hodnoty jsou zaznamenávány do protokolu. Tlačítka *EN* a *ST* umožňují vymazat statistické hodnoty. Dále se pokračuje v měření ostatních vzorků. Popsány jsou funkce pouze těch tlačítek na ovládacím panelu přístroje ALAMBETA, které uživatel využije při měření.

Měřená data jsou zpracována počítačem. Vypočítává se aritmetický průměr z jednotlivých měření, variační koeficient (na nejbližší 0,1 %), dále je možné uvést směrodatnou odchylku a interval spolehlivosti při 95 % hladině významnosti (tyto hodnoty už počítač přístroje nevypočítá).

Při měření na přístroji ALAMBETA nebylo využito vyhodnocení statistických dat pomocí počítače přístroje. Statistika je z naměřených dat vypočítána až následně, po ukončení měření. Dopočítán je aritmetický průměr:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

Dále směrodatná odchylka, variační koeficient [%] a 95 % interval spolehlivosti.

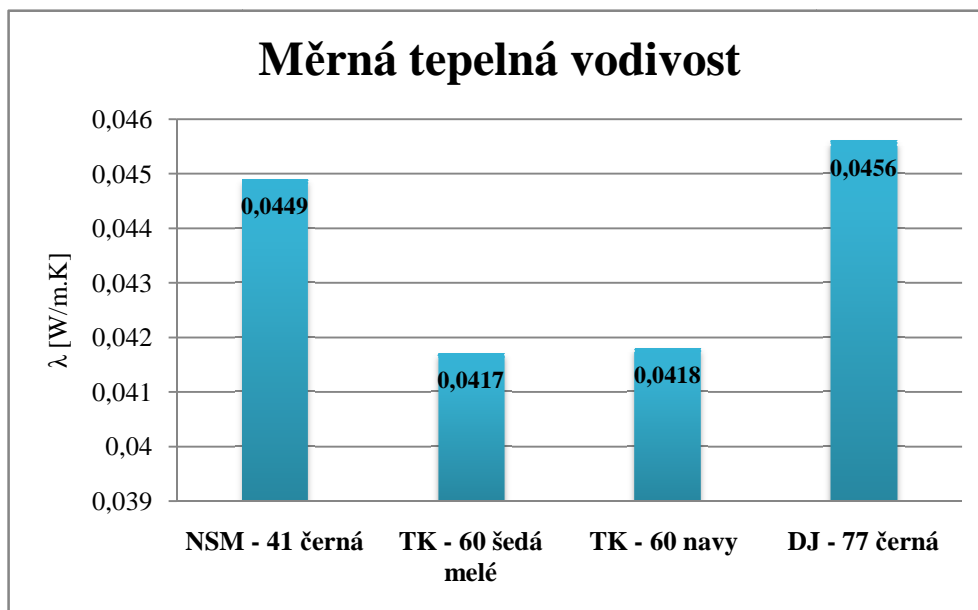
## 7.4.2 VYHODNOCENÍ – ALAMBETA

Úkolem tohoto měření je zjistit základní tepelné vlastnosti daných materiálů. Těmi jsou měrná tepelná vodivost  $\lambda$ , tepelná jímavost  $b$ , plošný odpor vedení tepla  $r$  a také samotnou tloušťku materiálů  $h$  použitých pro měření. Na základě získaných hodnot ověřit tyto parametry u jednotlivě měřených materiálů a současně také porovnat získané hodnoty o materiálech mezi sebou.

Naměřené hodnoty jednotlivých vzorků na přístroji ALAMBETA jsou k dispozici pro nahlédnutí v příloze č. 2., kde jsou pro přehlednost zapsány do tabulek, z těchto údajů jsou také vypočítány příslušné statistické charakteristiky. Pro lepší přehlednost jsou zde níže v tabulce č. 2 uvedeny pouze průměrné hodnoty měrné tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/m.K], tepelné jímavosti  $b$  [W.s<sup>1/2</sup>/m<sup>2</sup>K], plošného vedení tepla  $r$  [m<sup>2</sup>.K/W] a tloušťky materiálů  $h$  [mm] spolu s variačním koeficientem.

Tab. č. 2 – Hodnoty naměřené na přístroji ALAMBETA

	NSM – 41 černá	TK – 60 šedá melé	TK – 60 navy	DJ – 77 černá
<b>Měrná tepelná vodivost <math>\lambda</math></b> [W/m.K]	0,0449	0,0417	0,0418	0,0456
<b>CV [%]</b>	18,7	5,73	5,64	19,4
<b>Tepelná jímavost <math>b</math></b> [W.s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K]	103,44	105,03	78,25	115,3
<b>CV [%]</b>	2,36	5,43	2,3	4,97
<b>Plošný odpor vedení tepla <math>r</math></b> [m <sup>2</sup> .K/W]	0,0367	0,0252	0,0366	0,0342
<b>CV [%]</b>	1,63	4,22	2,38	2,53
<b>Tloušťka materiálu <math>h</math></b> [mm]	1,65	1,19	1,44	1,56
<b>CV [%]</b>	18,4	23,8	1,31	19,4



*Graf. č. 3 – Měrná tepelná vodivost materiálů  $\lambda$  [W/m.K] – zobrazeny aritmetické průměry z 8 naměřených hodnot*

Měrná tepelná vodivost je dána množstvím tepla, které prochází materiálem za jednotku času. Ukazuje schopnost materiálu vést teplo. Materiály, které mají vysokou hodnotu  $\lambda$  jsou označovány jako vodiče, a naopak materiály s nízkou hodnotou  $\lambda$  jako izolátory. Průměr vláken a tloušťka tepelnou vodivost zvyšují.

Na grafu č. 3 je možné vidět, že jako nejlépe vodivý materiál se ukázal DJ – 77 černá, následován vzorkem materiálu s označením NSM – 41 černá. Za izolátor je tedy možné označit materiál TK – 60 šedá melé. Méně tepelně vodivým materiálem je též vzorek s názvem TK – 60 navy, který dosáhl téměř shodného výsledku.

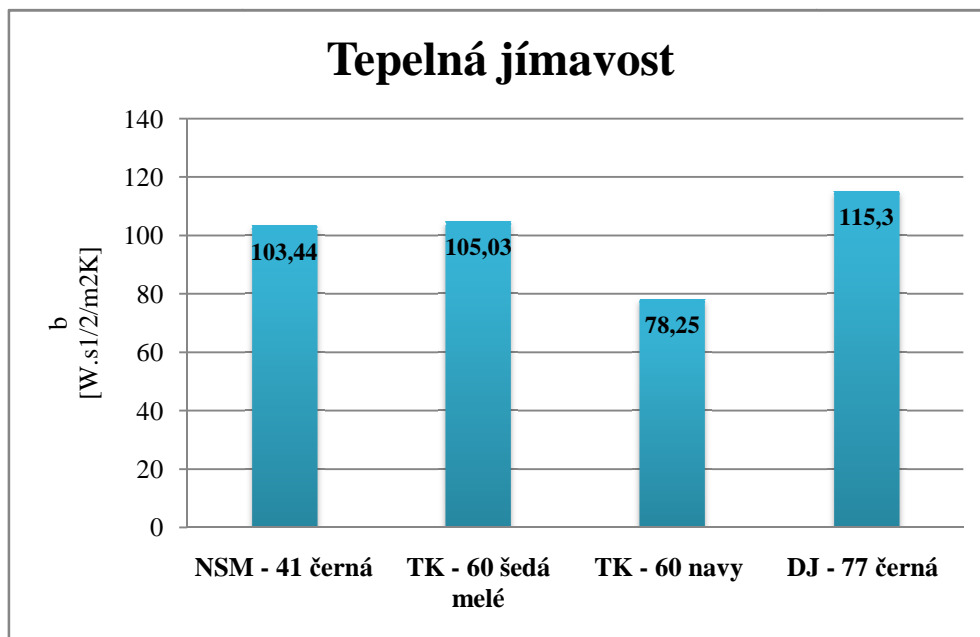


„Během výzkumných projektů byly experimentálně zkoumány tepelně – izolační a tepelně – kontaktní vlastnosti všech plošných textilií. Bylo zjištěno, že praktické hodnoty tepelné jímavosti suchých textilií se nachází v rozmezí 20 až 300, dle tabulky č. 3. Vyšší hodnoty tepelné jímavosti charakterizují chladnější pocit. Jak je patrné z tabulky, tepelný omak testovaných je silně ovlivněn jejich strukturou a složením.“  
[21]

Tab. č. 3 – Tepelná jímavost – ALAMBETA [21]

<b>ALAMBETA</b>	<b>VLIV STRUKTURY, SLOŽENÍ A ÚPRAVY PLOŠNÝCH TEXTILIÍ NA JEJICH TEPELNOU JÍMAVOST <math>b</math> [<math>Ws^{1/2}/m^2K</math>] PŘI PŘÍTLAKU 200 kPa</b>
<b>20 – 40</b>	Mikrovlákenné nebo jemnovlákenné PES netkané izolační textilie (NT)
<b>30 – 50</b>	Lehké počesané PES úplety, lehké vpichované a tepelně spojené PES NT
<b>40 – 90</b>	Lehké syntetické úplety (PAN) zejména z tvarovaných vláken, počesané vsívané koberce
<b>70 – 120</b>	Lehké nebo žebrové vlněné prstencové úplety, počesané lehké vlna/PES Tkaniny, broušené jemnovlákenné PES úplety
<b>100 – 150</b>	Lehké bavlněné či viskóзовé úplety, žebrové bavlněné tkaniny
<b>130 – 180</b>	Lehké upravené bavlněné úplety, počesané lehké vlněné tkaniny
<b>150 – 200</b>	Hladké vlna/PES tkaniny nebo vlněné tkaniny s nerovným povrchem
<b>180 – 250</b>	Tkaniny bavlna/viskóza s permanent press úpravou, nebo těžší hladké bavlnářské tkaniny, tkaniny z mikrovláken
<b>250 – 350</b>	Suché bavlněné košiloviny upravené pryskyřicí, těžké hladké vlnářské tkaniny
<b>300 – 400</b>	Suché tkaniny z viskózy, Lyocelu nebo hedvábí, hladké suché neupravené těžké bavlněné tkaniny (denimy)

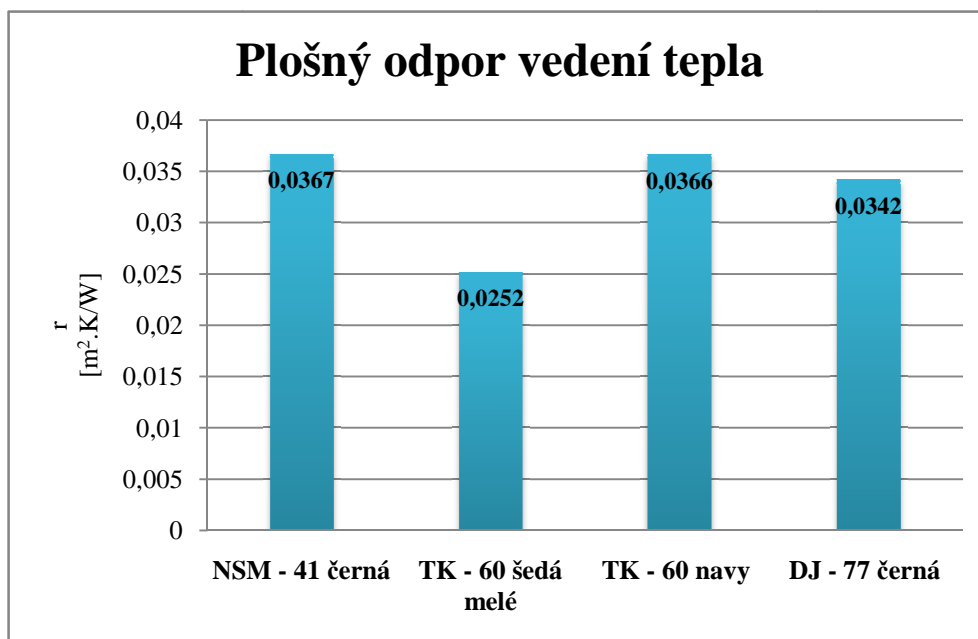
Jak již bylo zmíněno výše, čím je hodnota jímavosti vyšší, tím na nás materiál působí chladněji. Tento materiál má pak větší absorpční schopnost. Hodnoty tepelné jímavosti nám udávají teplotu omaku materiálu. Hodnoty nižší než 100 udávají velmi teplý omak, hodnoty nižší než 200 udávají teplý omak.



*Graf. č. 4 – Tepelná jímavost  $b[W.s^{1/2}/m^2K]$  – zobrazeny aritmetické průměry z 8 naměřených hodnot*

Naměřené hodnoty tepelné jímavosti jednotlivých materiálů jsou zaneseny do grafu č. 4. Dle měření, má ze zkoumaných materiálů nejnižší tepelnou jímavost materiál TK – 60 navy a tedy na omak bude působit nejtepleji ze všech. Ostatní materiály budou na dotek působit o trochu chladněji, ale pořád bude jejich omak teplý. Na pokožku bude působit nejchladněji ze všech materiál DJ – 77 černá.

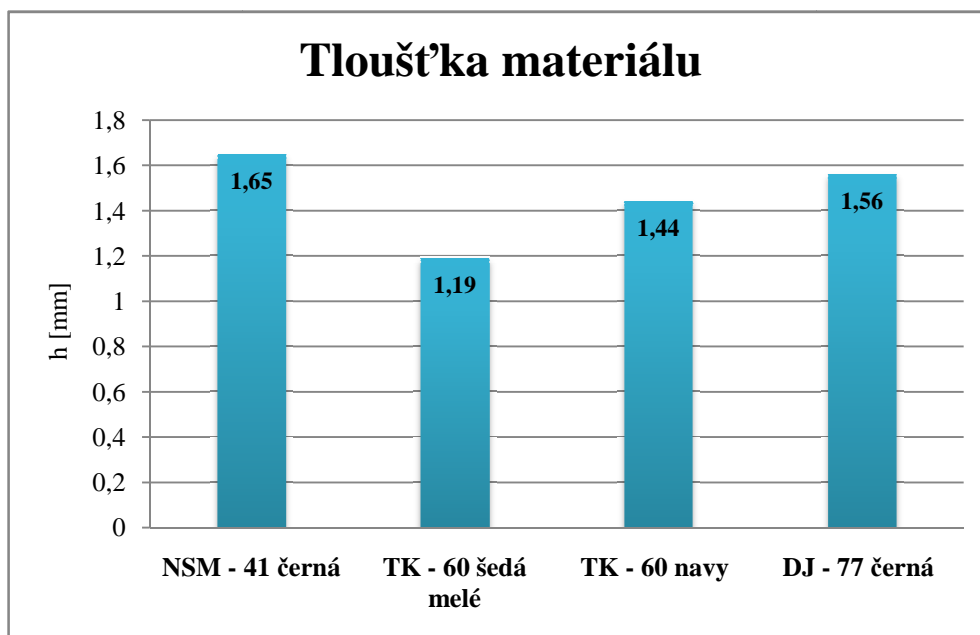
Dle výše uvedené tabulky se naměřené hodnoty vzorků vešly do rozmezí 70 – 120, což potvrzuje fakt, že jde o lehké syntetické úplety.



*Graf. č. 5 – Plošný odpor vedení tepla  $r$  [ $m^2.K/W$ ] – zobrazeny aritmetické průměry z 8 naměřených hodnot*

Graf č. 5 znázorňuje naměřené hodnoty plošného odporu vedení tepla, který je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti. Je dané, že čím vyšší je hodnota odporu, tím lépe materiál zadržuje teplo. Tudiž se jedná o kvalitní tepelnou izolaci.

Z výsledků měření je tedy patrné, že nejvíce teplo zachycuje materiál NSM – 41 černá, který je používán pro výrobu nehořlavých kukel. Jedná se o dvojitou pleteninu. V těsném závěsu po něm je materiál s označením TK – 60 navy. Za ním je již materiál DJ – 77 černá, který se používá pro výrobu spodního prádla určeného k nošení do chladnějšího počasí. Naopak materiál TK – 60 šedá melé zadržuje teplo nejhůře ze všech těchto zkoumaných materiálů. Důležité je však poznamenat, že všechny zde měřené materiály zajišťují velmi dobrou tepelnou izolaci pro budoucího nositele.



*Graf. č. 6 – Tloušťka materiálu h [mm] – zobrazeny aritmetické průměry z 8 naměřených hodnot*

Na grafu č. 6 je zobrazena tloušťka jednotlivých materiálů udávaná v milimetrech. Vzhledem k tomu, že měřené materiály jsou úplety, naměřené hodnoty jsou poměrně nízké. Na spodní prádlo, popřípadě kuklu, je nutné si ještě obléci další vrstvu ochranného oděvu. Proto by materiál určený pro výrobu tohoto druhu spodního prádla (kukel) neměl být moc silný.

Zde se jako nejtenčí materiál jeví TK – 60 šedá melé, následován podobným materiálem TK – 60 navy. Oba tyto vzorky se používají pro výrobu letního spodního prádla. Nejsilnější je naopak materiál NSM – 41 černá. Tady se však jedná o dvojitou pleteninu používanou k výrobě kukel. Druhá největší tloušťka byla naměřena u materiálu DJ – 77 černá, který je používán pro spodní prádlo určené k nošení do chladnějšího počasí

### 7.4.3 MĚŘENÍ PŘÍSTROJEM PERMETEST

Přístroj je založen na přímém měření tepelného toku  $q$  procházejícího povrchem tohoto tepelného modelu lidské pokožky. Povrch modelu je porézní a je zavlhčován, čímž se simuluje funkce ochlazování pocením. Na tento povrch je přiložen přes separační fólii měřený vzorek. Vnější strana vzorku je ofukována. Přístroj měří relativní propustnost textilií pro vodní páry  $p$  [%], což je nenormalizovaný, ale velmi praktický parametr, kde 100 % propustnost představuje tepelný tok  $q_o$  vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jaký má měřený vzorek. Zakrytí této hladiny měřeným vzorkem se pak tepelný tok sníží na hodnotu  $q_v$ . Platí:

$$p = 100(q_v/q_o) \quad [\%] \quad (4)$$

Pro stanovení výparného odporu platí:

$$Ret = (P_m - P_a)(q_v^{-1} - q_o^{-1}) \quad [m^2 \cdot Pa/W] \quad (5)$$

Kde parciální tlak vodní páry ve vzduchu  $P_a$  je veličina, která je určena z relativní vlhkosti vzduchu  $\varphi$  a jeho teploty  $t_a$ . Parciální tlak páry ve stavu nasycení  $P_m$  je funkcí teploty vzduchu, která je naprogramována v počítači přístroje.

Permetest komunikuje s PC pomocí programu PERMETESTR. Tento program umožňuje zobrazovat, ukládat a statisticky vyhodnocovat naměřené hodnoty.

#### 7.4.3.1 SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Rozměry: 500 x 200 x 130 mm

Hmotnost: 10 kg

Napájení: 220 V, 50 – 60 Hz

Příkon: 60 W

Tloušťka vzorku: 0,1 – 50 mm

Rozměr vzorku: 120 x 120 mm

Doba měření: 2 – 5 min

---

Materiály pro speciální pracovní oděvy zajišťující ochranu lidského zdraví

Velký význam má orientace měřeného vzorku. Je důležité, aby měřený materiál byl vnější stranou orientován nahoru. Tato metoda je nedestruktivní.

#### 7.4.3.2 *POSTUP MĚŘENÍ*

Testování materiálů na přístroji PERMETEST probíhalo v laboratoři při teplotě okolního vzduchu 23 °C a relativní vlhkosti vzduchu 34%. Měřeny byly celkem 4 vzorky textilií. Měření relativní paropropustnosti a výparného odporu bylo u každého materiálu opakováno pětkrát.

Nejprve je změřen tepelný tok bez vzorku – stisknutím tlačítka *Reference – START*. Druhé měření se provede se zakrytou měřicí hlavicí přístroje kalibrační tkaninou, u které jsou známy hodnoty RWVP (relativní paropropustnosti) = 45 [%] a Ret (výparného odporu) = 5 [m<sup>2</sup>.Pa/W]. Měření je spuštěno pomocí ovládacího tlačítka *Sample – Start*. Tímto je změřen tepelný tok se vzorkem. Po dokončení měření je přístroj pomocí tlačítka *Calibrate* zkalibrován.

Samotné měření vzorku probíhalo vždy nejdříve bez vzorku, pro zjištění tepelného toku bez vzorku (tlačítka *Reference – START*). Poté v dalším kroku již byla měřicí hlavička zakryta zkoumaným vzorkem (tlačítka *Reference – START*), pro zjištění hodnot tepelného toku, propustnosti pro vodní páry a výparného odporu vzorku.

Následně jsou naměřené hodnoty zobrazeny v programu PERMETESTR. Tyto hodnoty je možné uložit a následně je použít pro výpočet statistických veličin, který tento program umožňuje.

Program spolu s průměrným výparným odporem a paropropustností vyhodnotil i hodnotu variačního koeficientu CV [%], která je použita pro další výpočty. Zde je dopočítána ze získaných hodnot jen směrodatná odchylka a 95 % interval spolehlivosti.

Variační koeficient je podílem směrodatné odchylky a střední hodnoty. Určuje míru rozptýlení dat v oblasti střední hodnoty v procentech. Tato hodnota je zjištěna z přístroje. Směrodatná odchylka je spočítána pomocí vzorce pro výpočet variačního koeficientu.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

Do vzorce je dosazena střední hodnota  $\bar{x}$  a následně je směrodatná odchylka dopočítána odvozením vzorce. Směrodatná odchylka určuje míru rozptylu od střední hodnoty. Zobrazuje se ve stejných jednotkách jako měřená veličina. V tomto případě tedy v Pa.m<sup>2</sup>/W.

Dále je spočítán interval spolehlivosti pro danou veličinu. Je to takový interval od střední hodnoty, kde se veličina nachází s pravděpodobností  $1 - \alpha$ . Za veličinu  $\alpha$  je dosazena hodnota 0,05, protože jde o 95 % interval spolehlivosti. Je zde spočítána horní a dolní mez intervalu spolehlivosti dle vzorce,

$$\bar{x} \pm 1,96 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

#### 7.4.4 VYHODNOCENÍ – PERMETEST

Cílem tohoto měření je stanovení výparného odporu a relativní paropropustnosti pro jednotlivé textilie, které se používají k výrobě nehořlavého spodního prádla a nehořlavých kukel CarbonX<sup>®</sup>. Na základě toho ověřit propustnost vodních par u jednotlivě měřených materiálů a současně také porovnat získané hodnoty o materiálech mezi sebou.

Propustnost pro vodní páry se obecně nejčastěji hodnotí pomocí výparného odporu Ret [m<sup>2</sup>.Pa/W] podle ISO 11092. Čím nižší je hodnota Ret, tím je propustnost textilie pro vodní páry vyšší.

Vyhodnocení propustnosti vodních par pro textilní materiály podle stávajících norem:

Ret	< 6	Velmi dobrá	(nad 20 000 g/m <sup>2</sup> .24 hod)
Ret	6~13	Dobrá	(9000~ 20 000 g/m <sup>2</sup> .24 hod)
Ret	13~20	Uspokojivá	(5000~9000 g/m <sup>2</sup> .24 hod)
Ret	> 20	Neuspokojivá	(pod 5000 g/m <sup>2</sup> .24 hod) [21]

Naměřené hodnoty výparného odporu by se měly krýt s hodnotami relativní paropropustnosti tzn., že výparný odpor by měl být tím menší, čím větší je relativní paropropustnost.

Veškeré naměřené hodnoty jednotlivých vzorků na přístroji PERMETEST jsou k dispozici pro nahlédnutí v příloze č. 3., kde jsou pro přehlednost zapsány do tabulek, z těchto údajů jsou také vypočítány příslušné statistické charakteristiky. Pro shrnutí jsou zde v tabulce č. 5 uvedeny pouze průměrné hodnoty výparného odporu  $R_{et}$  a paropropustnosti  $p$  materiálů spolu s variačním koeficientem.

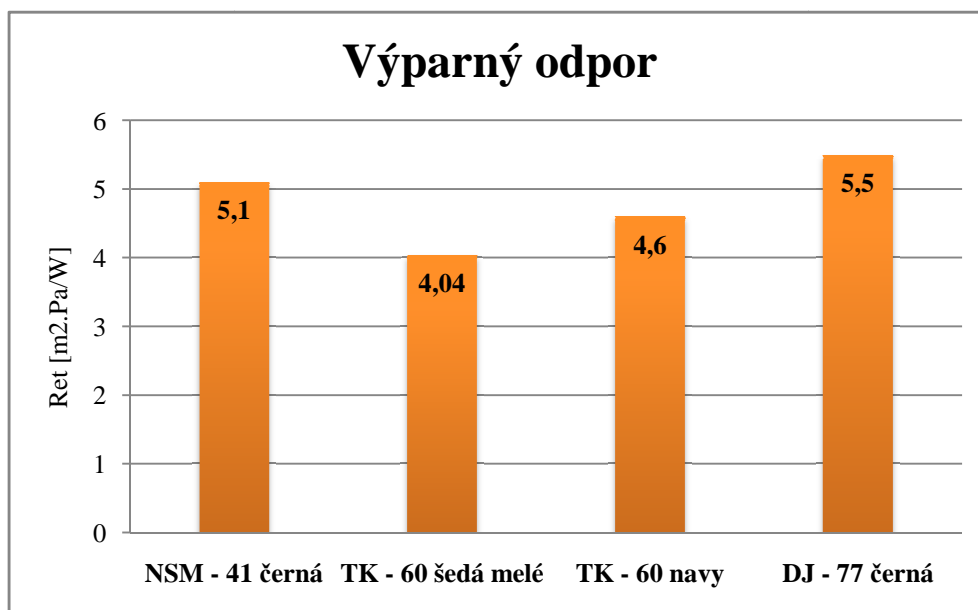
Tab. č. 4 – Výparný odpor  $R_{et}$  [ $m^2.Pa/W$ ] a relativní paropropustnost  $p$  [%]

	NSM – 41 černá	TK – 60 šedá melé	TK – 60 navy	DJ – 77 černá
<b>Výparný odpor <math>R_{et}</math> [<math>m^2.Pa/W</math>]</b>	5,1	4,04	4,6	5,5
<b>CV [%]</b>	2,55	2,21	6,88	11,28
<b>Relativní paropropustnost <math>p</math> [%]</b>	56,5	61,2	59,2	54,7
<b>CV [%]</b>	1,69	1,3	2,44	5,22

Graf č. 6 zobrazuje hodnoty výparného odporu jednotlivých materiálů. Dle naměřených hodnot mají velmi dobrou propustnost pro vodní páry všechny měřené materiály. Nejlepšího výsledku dosáhl materiál s označením TK – 60 šedá melé. Tento materiál je používán k výrobě nehořlavého spodního prádla určeného pro nošení v letním období. Tomu odpovídá i naměřená hodnota paropropustnosti, která je nejvyšší právě u této textilie. Tu můžeme vidět zobrazenou na grafu č. 7.

Obdobný výsledek byl získán i u materiálu TK – 60 navy. Zde se předpokládalo, že naměřené hodnoty budou u těchto dvou vzorků dost podobné. Jelikož se jedná o totožný materiál, který se od předešlého liší pouze svou barvou. Za povšimnutí tu tedy stojí, jestli menší odlišnosti v hodnotách výparného odporu a paropropustnosti u těchto dvou materiálů způsobila použitá technologie barvení či nikoli.

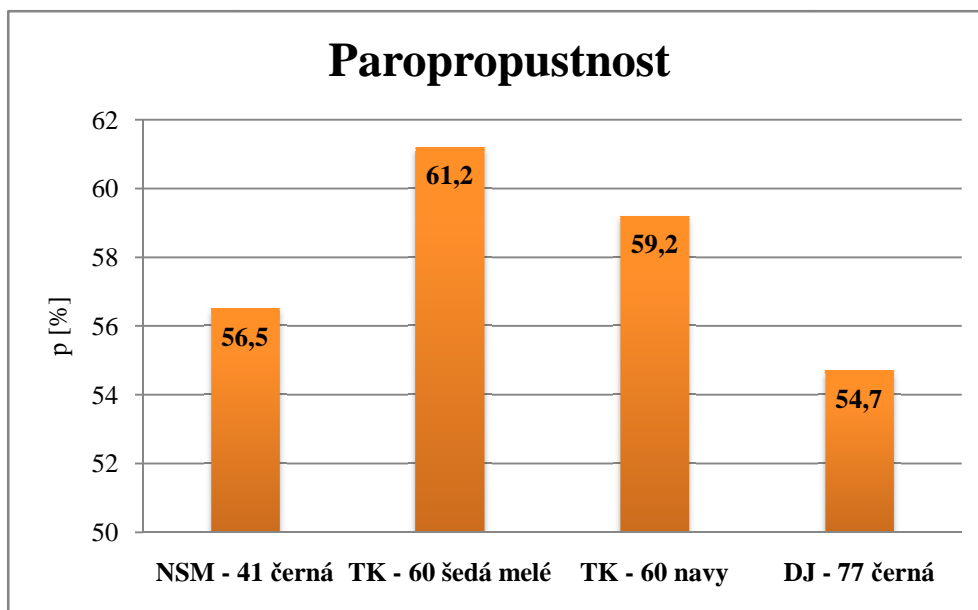




*Graf. č. 7 – Výparný odpor materiálů [ $m^2.Pa/W$ ] – zobrazeny aritmetické průměry z 5 naměřených hodnot*

Naopak u materiálu DJ – 77 černá dosáhl výparný odpor hodnoty nejvyšší ze všech zde pozorovaných vzorků. Stále je ale jeho propustnost pro vodní páry velmi dobrá. Hodnota paropropustnosti tomu také odpovídá. Tento materiál je používán zejména pro výrobu nehořlavého spodního prádla určeného k nošení v zimním období.

Velmi podobných výsledků dosáhl také materiál s označením NSM – 41 černá. Tady se však jedná o dvojitou pleteninu používanou převážně k výrobě nehořlavých kukel. Proto je možné, že právě díky tomu, dosáhla textilie takto vysokého výparného odporu. Přesto i zde je dosaženo velmi dobrého výsledku. Hodnota paropropustnosti opět odpovídá výparnému odporu.



*Graf. č. 8 – Paropropustnost materiálů [%] – zobrazeny aritmetické průměry z 5 naměřených hodnot*

Naměřené hodnoty jen potvrzují výše uvedenou teorii, že když se hodnota výparného odporu snižuje, schopnost textilie propouštět vodní páru roste a naopak když hodnota Ret stoupá, propustnost pro vodní páru je nižší.

Laboratorní měření na přístroji PERMETEST potvrdilo, že vlastnosti všech zkoumaných vzorků jsou vhodně uzpůsobeny v rámci svého předpokládaného budoucího využití, co by nehořlavého spodního prádla. Jak se ukázalo, velkou roli také hraje to, do kterého ročního období je výsledný výrobek určen. Jinou propustnost pro vodní páru bude mít letní spodní prádlo a odlišnou zase prádlo určené do zimy. Hodnoty získané při měření v této experimentální části práce, odpovídají vlastnostem, které by tyto materiály měly mít.

Zde je také nutné si uvědomit, že výsledky měření neukazují, jak se vlastnosti testovaného spodního prádla projeví v kombinaci s dalšími součástmi a vrstvami ochranného oděvu. Dle dosavadních zkušeností firmy a odezvy stávajících zákazníků je však toto prádlo plně funkční i v kombinaci s vrchním oděvem, proto ve spojení s dalšími vrstvami oděvu nebylo dále blíže zkoumáno.

## 7.4.5 ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ EXPERIMENTU

Cílem experimentální části této práce bylo stanovit reálné komfortní vlastnosti předložených textilií souvisejících s jejich tepelným omakem a propustností vodních par. Ve spojitosti se zjištěním užitných vlastností u nehořlavých textilií bylo provedeno měření na pleteninách určených pro výrobu nehořlavého spodního prádla. Jednotlivé pleteniny mají různou hustotu provázání a také odlišný poměr materiálového složení. Liší se rovněž svými barevnými kombinacemi.

Ovlivnit výsledky z měření by bylo možné např. úpravou poměru materiálového složení u jednotlivých pletenin. Tímto jedním řešením by se dala zvýšit možnost zlepšení užitných vlastností u tohoto typu spodního prádla. Nicméně zde by mohl nastat problém z hlediska toho, že se jedná nehořlavé textilie. A také další problém by mohl nastat v určení přesného procentuálního zastoupení jednotlivých vláken, ze kterých je výsledný CarbonX<sup>®</sup> složen. A to z prostého důvodu. Jedná se totiž o patentovanou směs vláken, kterou si výrobce CarbonX<sup>®</sup> chrání.

Další inovaci sledovaných vlastností, např. u materiálů s označením TK – 60 šedá melé a TK – 60 navy, by bylo možné provést kupříkladu úpravou v použití odlišné technologie barvení. A to z toho důvodu, že se zde u zmíněných dvou materiálů objevují určité nerovnosti v měření, které by mohly být způsobeny a ovlivněny právě rozdílnou barvou zmíněných materiálů. Zde se však objevuje potíž se samotným barvením materiálu CarbonX<sup>®</sup>. U materiálů CarbonX<sup>®</sup> lze dosáhnout kvůli oxidaci vláken pouze barev v tmavých odstínech jako je černá, tmavě modrá atd. Vzhledem k náročnému barvení se světlé a bílé odstíny získávají velmi obtížně. Barvení tohoto materiálu se z důvodu oxidace vláken provádí celkově velmi špatně a bude zde tedy velmi těžké navrhnout jinou vhodnou alternativu barvení, než která je již použita na zkoumaných materiálech.

Další možností monitorování a hodnocení užitných vlastností u těchto hodnocených pletenin by bylo eventuálně sledování případných změn během jejich nošení a údržby. Ať už by se jednalo o stálosti za vlhka či pozorování změn po několikanásobném praní a žehlení.

## 8 ZÁVĚR

Jelikož nezastupitelnou roli při ochraně uživatele proti vážným následkům popálenin a souvisejícím nepříjemnostem hraje také spodní prádlo odolné proti ohni, musí i toto prádlo, které je nezbytnou součástí ochranného oděvu, splňovat určitý komfort pro svého uživatele. V nebezpečných situacích poskytuje právě spodní prádlo jako základní ochranná vrstva, která je v přímém kontaktu s pokožkou lidského těla, tolik vzácný čas, který je potřeba k úniku od hrozícího nebezpečí, aniž by došlo k vážnějším poraněním, a v nejhorším případě smrti.

Důležité je též si uvědomit, že při výběru jednotlivých variant uvedeného spodního prádla je nezbytné dbát na požadavky, které jsou pro různou oblast jejich použití a různé roční období velmi odlišné. Konkrétně se jedná například o rozdíly mezi letním spodním prádlem a spodním prádlem určeným do zimy. Jakékoliv negativní vlivy prostředí mají totiž velký podíl na celkové práci nositele daného oděvu, např. nízké teploty v zimním období a naopak v letních měsících teploty vysoké.

Materiál NOMEX<sup>®</sup> je po desítky let považován za standard, podle kterého se porovnávají všechny ostatní nehořlavé textilie používané pro výrobu ochranných oděvů. V současné době je již nabídka nehořlavých textilií poněkud širší o další materiály s podobnými vlastnostmi, ne-li lepšími. Účinnost těchto nehořlavých materiálů a nehořlavých úprav udává LKČ. Proto se nabízí otázka, jestli není na čase zvolit si standard nový. Tato práce se nicméně nezabývá testováním nehořlavosti a porovnáváním nehořlavých vlastností u těchto textilií.

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit, zda zkoumané textilie, obsahující nehořlavá vlákna CarbonX<sup>®</sup>, splňují tepelné vlastnosti za sucha a propustnost pro vodní páry v závislosti na účelu jejich použití. Z vyhodnocených dat vyplývá, že hodnoty získané z jednotlivých měření odpovídají vlastnostem, které by tyto materiály mít měly. V měření se sice místy vyskytly drobné výkyvy od normálu, ale na celkové výsledky hodnocení to mělo skoro zanedbatelný vliv. Proto můžeme potvrdit i oblast použití, kterou o nehořlavém spodním prádle uvádí prodejce.

Tato práce jistě může pomoci při výběru a rozhodování o koupi výše zkoumaných výrobků z pletenin CarbonX<sup>®</sup> a popřípadě rozptýlit další pochyby a nedůvěru ohledně jeho užitných vlastností.

## STUDOVANÁ LITERATURA

1. Doc. Ing. ODVÁRKA, J., DrSc.: *Finální úpravy textilií – návody na cvičení*; Technická univerzita v Liberci; Liberec 2000; 42 s.; ISBN 80-7083-405-6
2. Prof. Ing. KRYŠTŮFEK, J. a spol.: *Technologie zušlechťování*; Technická univerzita v Liberci; Liberec 2002; 117 s.; ISBN 80-7083-560-5
3. Ing. DEMBICKÝ, J., Ph.D. a spol.: *Zušlechťování textilií*; Technická univerzita v Liberci; Liberec 2008; 186 s.; ISBN 978-80-7372-321-7
4. [http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-02\\_01.pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-02_01.pdf)
5. Elektronická skripta Textilní zkušebnictví 1. díl, ze stránek:  
<[http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/20080228/ZKB\\_1\\_dil.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/20080228/ZKB_1_dil.pdf)>

## CITACE

- [1] <<http://www.oopp.cz/stranky.php?pg=3>> [cit. 2013-01-17]
- [2] Doc. Ing. STANĚK, J., CSc.: *Standardizace textilních výrobků I.*; Technická univerzita v Liberci; Liberec 2005; 98 s.; ISBN 80-7372-029-9
- [3] Doc. Ing. STANĚK, J., CSc.: *Standardizace textilních výrobků II.*; Technická univerzita v Liberci; Liberec 2005; 92 s.; ISBN 80-7372-030-2
- [4] <[http://www.oopp.cz/download/povinnosti\\_zamestnavatele.pdf](http://www.oopp.cz/download/povinnosti_zamestnavatele.pdf)>  
[cit. 2013-01-17]
- [5] <<http://download.mpo.cz/get/26651/29993/322295/priloha009.doc>>  
[cit. 2013-01-21]
- [6] STANĚK, D.: *Diplomová práce – Hodnocení komfortu ochranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a za extrémních podmínek při zásahu*; Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava – Fakulta bezpečnostního inženýrství; Ostrava 2008
- [7] Ing. RŮŽIČKOVÁ, D.: *Oděvní materiály*; Technická univerzita v Liberci; Liberec 2003; ISBN 80-7083-682-2
- [8] <<http://www.pakostova.pellican.cz/publikace.php>> [cit. 2013-01-04]
- [9] Prof. Ing. MILITKÝ, J., CSc. EUR ING: *Technické textilie – vybrané kapitoly*; Technická univerzita v Liberci; Liberec 2007; ISBN 978-80-7372-170-1
- [10] <<http://hasicibobrova.cz/jednotka/FIREMANIII.jpg>> [cit. 2013-03-06]
- [11] <<http://hasicihojsovastraz.webnode.cz/products/zasahovy-oblek-fenix-ii/>>  
[cit. 2013-03-06]

- [12] <<http://www.e-safety.cz/e-safety/eshop/11-1-Ochrana-tela/95-3-Protichemicke-plynotesne/5/10104727-Ochranny-odev-OCHOM-05-EXT>> [cit. 2013-03-06]
- [13] DVOŘÁK, O.; ŠTEFKOVÁ, E.: *Ochranné oděvy pro hasiče: vlastnosti, zkoušení, praktické používání a certifikace*; Příloha časopisu 150-HOŘÍ; Praha květen 2002
- [14] <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Ho%C5%99lavost\\_textili%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ho%C5%99lavost_textili%C3%AD)> [cit. 2013-03-13]
- [15] ČERMÁKOVÁ, P.: *Bakalářská práce – Mechanické vlastnosti textilních materiálů používaných pro pracovní ochranné oděvy pro hasiče a jejich změna po praní*; Technická univerzita v Liberci – Fakulta Textilní; Liberec 2009
- [16] <<http://e-hasici.cz/vse-pro-hasice/NEHOrLAVe-SOUPRAVY-1799045789/Souprava-spodni-pradlo---NOMEX-Comfort-180g-m2-293.html>> [cit. 2013-03-14]
- [17] Doc. Ing. STANĚK, J., CSc.: *Textilní zbožížnalství: Speciální textilie*; Technická univerzita v Liberci; Liberec 2003; 61 s.
- [18] <<http://akce.fs.vsb.cz/2001/ASR2001/Proceedings/papers/60.pdf>> [cit. 2013-03-18]
- [19] <<http://www.carbonx.cz/cs/chapman-innovations>> [cit. 2013-03-19]
- [20] <<http://www.oopp.cz/profil-picha-safety-pg2.html>> [cit. 2013-03-19]
- [21] Prof. Ing. HES, L., DrSc.; Bc. SLUKA, P.: *Úvod do komfortu textilií*; Technická univerzita v Liberci; Liberec 2005; 109 s.; ISBN 80-7083-926-0
- [22] <[http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-02\\_01.pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-02_01.pdf)> [cit. 2013-04-15]

[23] <<http://www.ctpt.cz/dwn.php?ID=1164>> [cit. 2013-05-04]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. č. 1 – Zásahový oblek FIREMAN III [10]*  
*Obr. č. 2 – Zásahový oblek FÉNIX II [11]*  
*Obr. č. 3 – Ochranný oděv OCHOM 05 EXT [12]*  
*Obr. č. 4 – Symbol označení shody [3]*  
*Obr. č. 5 – Jednotlivé vrstvy hasičského ochranného oděvu*  
*Obr. č. 6 – Nehořlavé spodní prádlo NOMEX COMFORT [16]*  
*Obr. č. 7 – Přístroj na měření LOI [14]*  
*Obr. č. 8 – Nehořlavá kukla CarbonX®*  
*Obr. č. 9 – Nehořlavé spodní prádlo CarbonX®*  
*Obr. č. 10 – Nehořlavá kukla CarbonX® NSM – 41*  
*Obr. č. 11 – Nehořlavé tričko CarbonX® ACTIVE™*  
*Obr. č. 12 – Nehořlavé spodky CarbonX® ACTIVE™*  
*Obr. č. 13 – Nehořlavé tričko CarbonX® ACTIVE™*  
*Obr. č. 14 – Nehořlavé spodky CarbonX® ACTIVE™*  
*Obr. č. 15 – Přístroj ALAMBETA*  
*Obr. č. 16 – ALAMBETA - schéma [21]*  
*Obr. č. 17 – Přístroj PERMETEST*  
*Obr. č. 18 – Permetest - schéma [21]*

## SEZNAM TABULEK

- Tab. č. 1 – Hodnoty LOI pro různá vlákna [9]*  
*Tab. č. 2 – Hodnoty naměřené na přístroji ALAMBETA*  
*Tab. č. 3 – Tepelná jímavost – ALAMBETA [21]*  
*Tab. č. 4 – Výparný odpor  $R_{et}$  [ $m^2 \cdot Pa/W$ ] a relativní paropropustnost  $p$  [%]*  
*Tab. č. 5 – Naměřené hodnoty na materiálu NSM – 41 černá (ALAMBETA)*  
*Tab. č. 6 – Naměřené hodnoty na materiálu TK – 60 šedá melé (ALAMBETA)*  
*Tab. č. 7 – Naměřené hodnoty na materiálu TK – 60 navy (ALAMBETA)*  
*Tab. č. 8 – Naměřené hodnoty na materiálu DJ – 77 černá (ALAMBETA)*



*Tab. č. 9 – Naměřené hodnoty na materiálu NSM – 41 černá (PERMETEST)*

*Tab. č. 10 – Naměřené hodnoty na materiálu TK – 60 šedá melé (PERMETEST)*

*Tab. č. 11 – Naměřené hodnoty na materiálu TK – 60 navy (PERMETEST)*

*Tab. č. 12 – Naměřené hodnoty na materiálu DJ – 77 černá (PERMETEST)*

*– zobrazeny aritmetické průměry 8 naměřených hodnot*

## SEZNAM GRAFŮ

*Graf č. 1 – Limitní kyslíkové číslo textilních materiálů*

*Graf č. 2 – Graf zachování pevnosti*

*Graf. č. 3 – Měrná tepelná vodivost materiálů  $\lambda$  [W/m.K] – zobrazeny aritmetické průměry z 8 naměřených hodnot*

*Graf. č. 4 – Tepelná jímavost  $b$  [W.s<sup>1/2</sup>/m<sup>2</sup>K] – zobrazeny aritmetické průměry z 8 naměřených hodnot*

*Graf. č. 5 – Plošný odpor vedení tepla  $r$  [m<sup>2</sup>.K/W] – zobrazeny aritmetické průměry z 8 naměřených hodnot*

*Graf. č. 6 – Tloušťka materiálu  $h$  [mm] – zobrazeny aritmetické průměry z 8 naměřených hodnot*

*Graf. č. 7 – Výparný odpor materiálů [m<sup>2</sup>.Pa/W] – zobrazeny aritmetické průměry z 5 naměřených hodnot*

*Graf. č. 8 – Paropropustnost materiálů [%] – zobrazeny aritmetické průměry z 5 naměřených hodnot*

## SEZNAM ROVNIC

- (1) *Tepelná jímavost*
- (2) *Plošný odpor vedení tepla*
- (3) *Aritmetický průměr*
- (4) *Stanovení relativní paropropustnosti*
- (5) *Stanovení výparného odporu*
- (6) *Variační koeficient*
- (7) *95 % interval spolehlivosti*

## **SEZNAM PŘÍLOH**

### ***PŘÍLOHA Č. 1 – Vzorky materiálů***

- 1.1 NSM – 41 černá
- 1.2 TK – 60 šedá melé
- 1.3 TK – 60 navy
- 1.4 DJ – 77 černá

### ***PŘÍLOHA Č. 2 – Zkoušení materiálů na přístroji ALAMBETA***

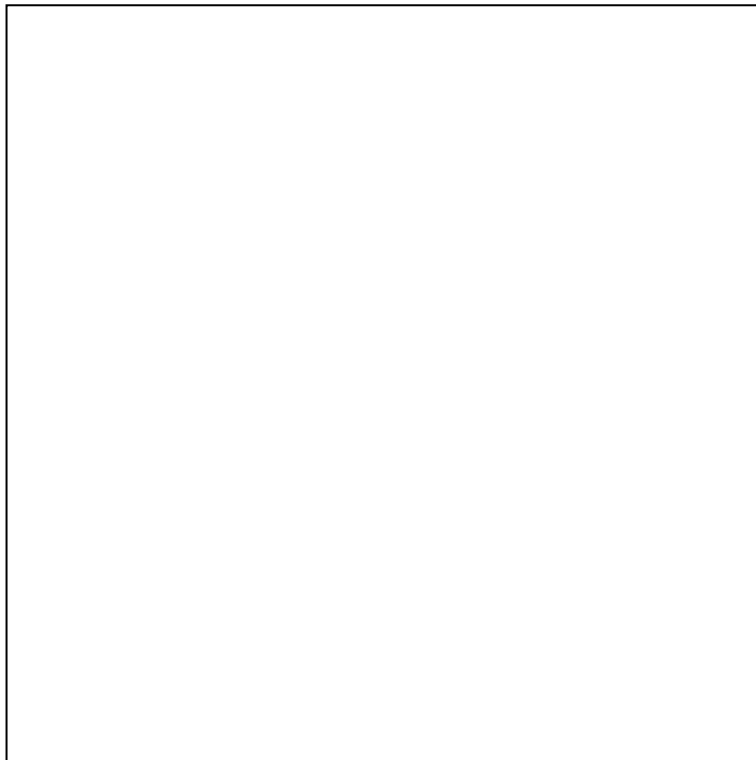
- 2.1 Záznam naměřených hodnot na materiálu NSM – 41 černá
- 2.2 Záznam naměřených hodnot na materiálu TK – 60 šedá melé
- 2.3 Záznam naměřených hodnot na materiálu TK – 60 navy
- 2.4 Záznam naměřených hodnot na materiálu DJ – 77 černá

### ***PŘÍLOHA Č. 3 – Měření relativní paropropustnosti a výparného odporu na přístroji PERMETEST***

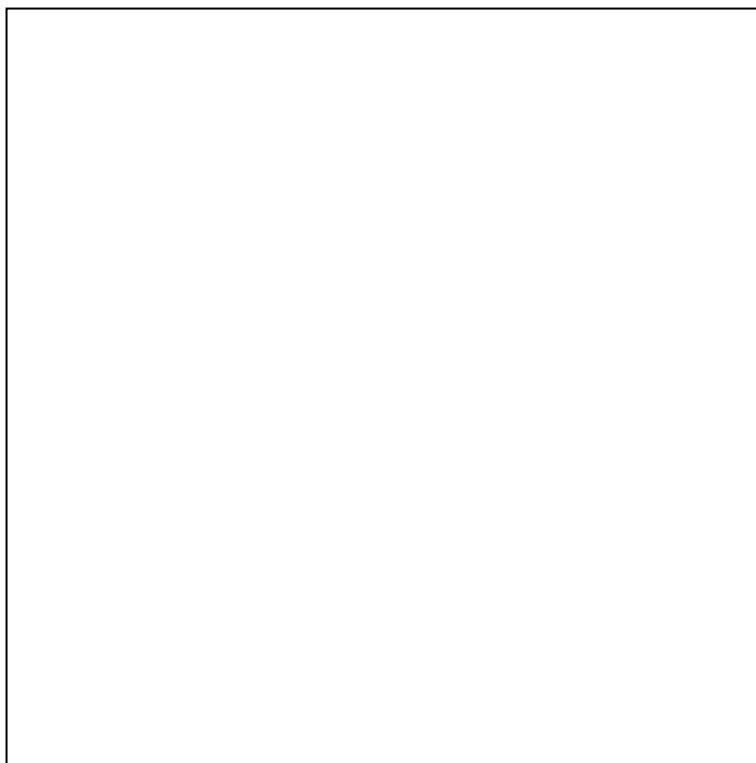
- 3.1 Měření materiálu NSM – 41 černá
- 3.2 Měření materiálu TK – 60 šedá melé
- 3.3 Měření materiálu TK – 60 navy
- 3.4 Měření materiálu DJ – 77 černá

## **PŘÍLOHA Č. 1 – Vzorky materiálů**

### **1.1 NSM – 41 černá**

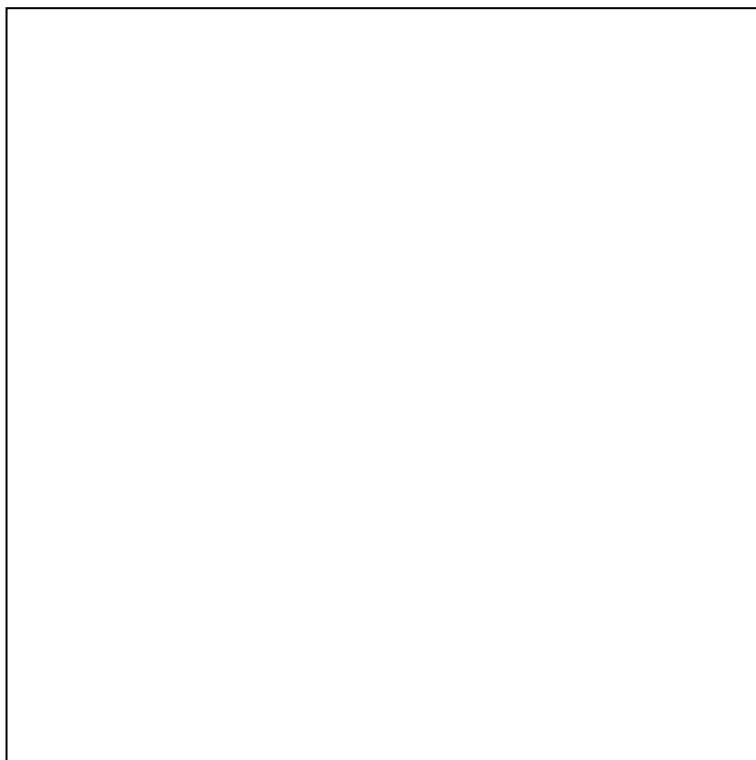


LÍC

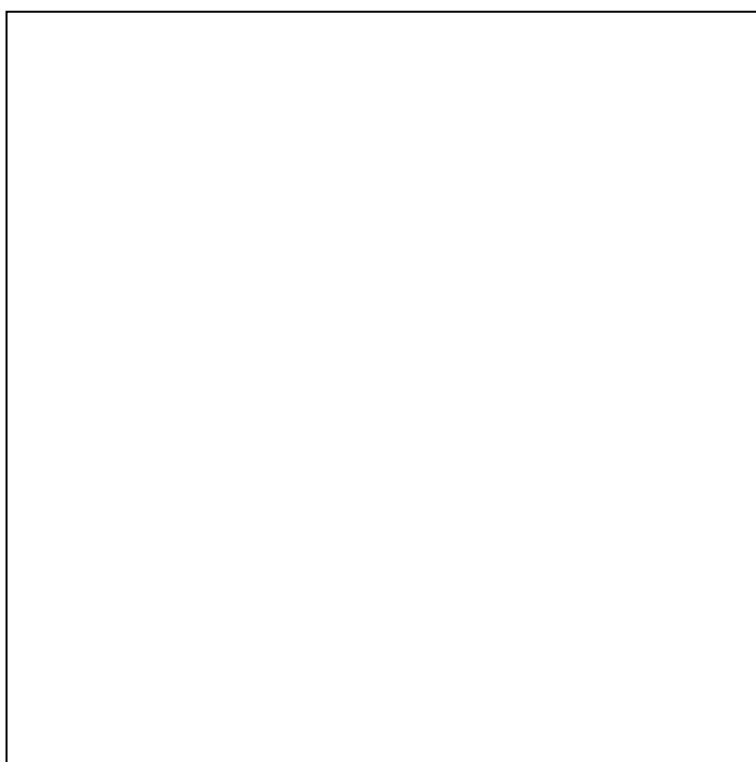


RUB

## **1.2 TK – 60 šedá melé**

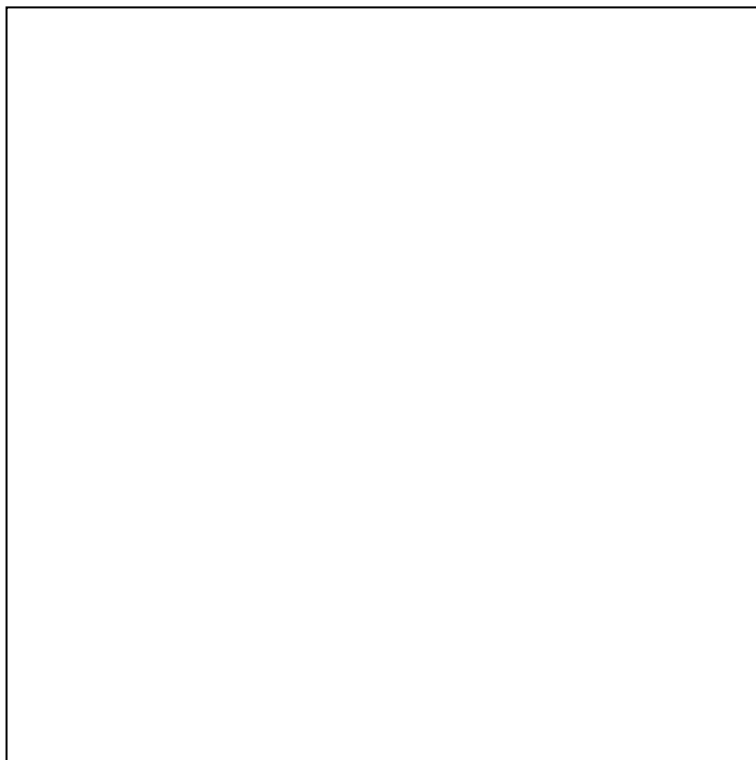


LÍC

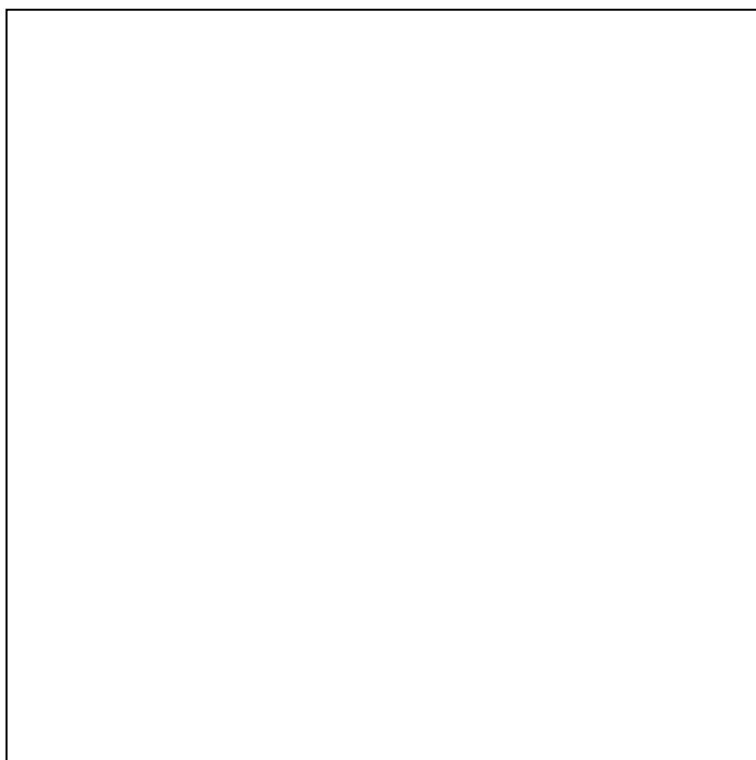


RUB

### **1.3 TK – 60 navy**

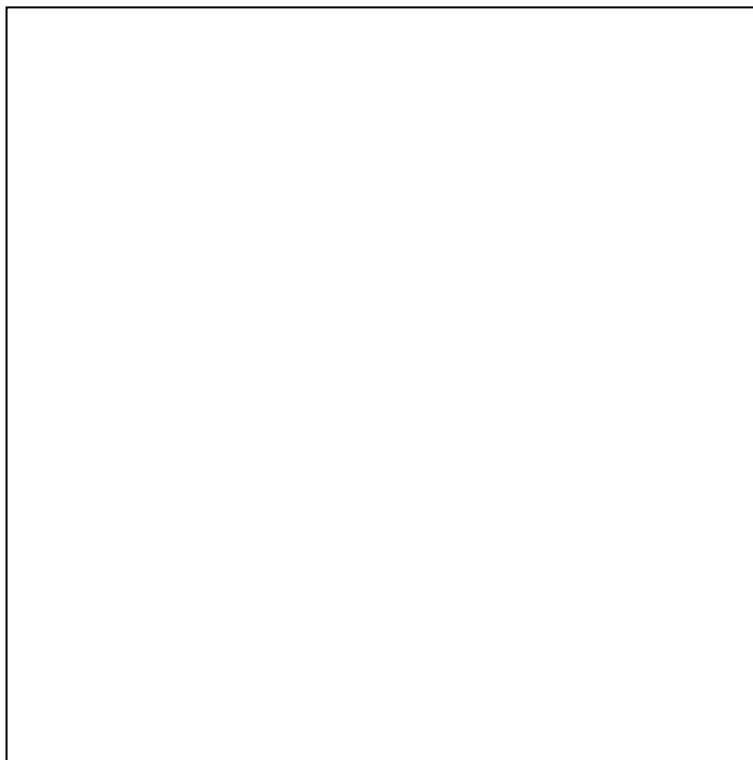


LÍC

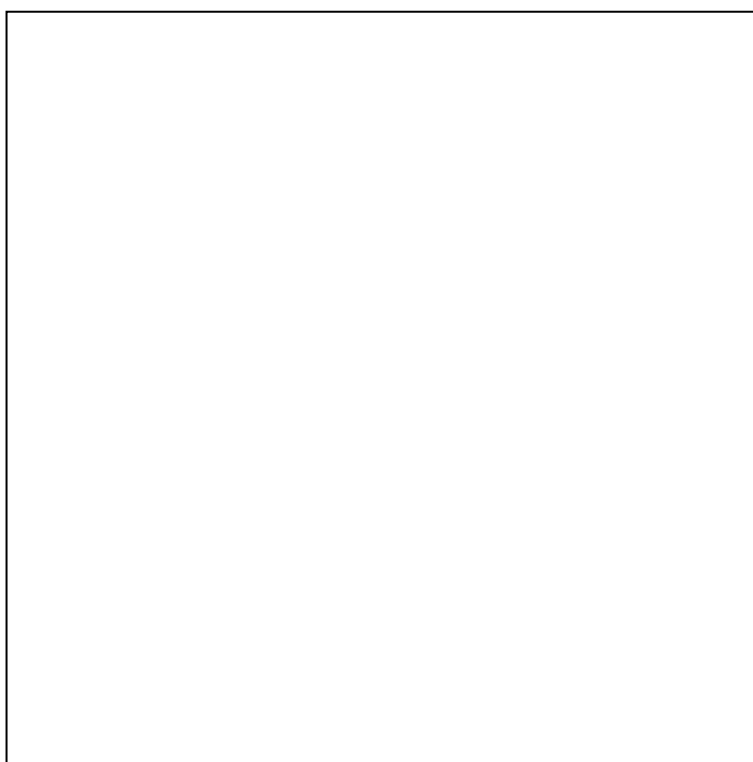


RUB

## **1.4 DJ – 77 černá**



LÍC



RUB

## PŘÍLOHA Č. 2 – Zkoušení materiálů na přístroji ALAMBETA

### 2.1 Záznam naměřených hodnot na materiálu NSM – 41 černá

Tab. č. 5 – Naměřené hodnoty na materiálu NSM – 41 černá (ALAMBETA)

<b>Materiál NSM – 41 černá</b>	Naměřená hodnota $\lambda$	Měrná tepelná vodivost $\lambda$ [W/m.K]	Tepelná jíímavost $b$ [W.s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K]	Naměřená hodnota $r$	Plošný odpor vedení tepla $r$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Tloušťka materiálu <b>h</b> [mm]
1	39,8	0,0398	104	37,7	0,0377	1,50
2	40,3	0,0403	101	36,9	0,0369	1,49
3	58,6	0,0586	99,5	36,7	0,0367	2,15
4	40,7	0,0407	103	37,2	0,0372	1,51
5	58,4	0,0584	106	36,3	0,0363	2,12
6	40,6	0,0406	107	36,2	0,0362	1,47
7	40,3	0,0403	104	36,6	0,0366	1,47
8	40,6	0,0406	103	35,8	0,0358	1,45
Průměr		0,0449	103,44		0,0367	1,65
Směrodatná odchylka		0,008	2,44		0,0006	0,303
Variační koeficient [%]		18,7	2,36		1,63	18,4
95 % IS		0,0449 ± 0,006	103,44 ± 1,69		0,0367 ± 0,0004	1,65 ± 0,21

## 2.2 Záznam naměřených hodnot na materiálu TK – 60 šedá melé

Tab. č. 6 – Naměřené hodnoty na materiálu TK – 60 šedá melé (ALAMBETA)

<b>Materiál TK – 60 šedá melé</b>	Naměřená hodnota $\lambda$	Měrná tepelná vodivost $\lambda$ [W/m.K]	Tepelná jí mavost $b$ [W.s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K]	Naměřená hodnota $r$	Plošný odpor vedení tepla $r$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Tloušťka materiálu <b>h</b> [mm]
1	41,5	0,0415	112	24,5	0,0245	1,02
2	44,9	0,0449	111	25,7	0,0257	1,67
3	38,8	0,0388	106	26,9	0,0269	1,04
4	45,5	0,0455	103	24,8	0,0248	1,62
5	41,3	0,0413	107	24,6	0,0246	1,02
6	41,5	0,0415	106	23,5	0,0235	1,08
7	40,1	0,0401	94,2	25,7	0,0257	1,03
8	39,7	0,0397	101	26,0	0,0260	1,03
Průměr		0,0417	105,03		0,0252	1,19
Směrodatná odchylka		0,0024	5,70		0,0011	0,28
Variační koeficient [%]		5,73	5,43		4,22	23,8
95 % IS		0,0417 ± 0,002	105,03 ± 3,95		0,0252 ± 0,0007	1,19 ± 0,2



### 2.3 Záznam naměřených hodnot na materiálu TK – 60 navy

Tab. č. 7 – Naměřené hodnoty na materiálu TK – 60 navy (ALAMBETA)

<b>Materiál TK – 60 navy</b>	Naměřená hodnota $\lambda$	Měrná tepelná vodivost $\lambda$ [W/m.K]	Tepelná jí mavost $b$ [W.s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K]	Naměřená hodnota $r$	Plošný odpor vedení tepla $r$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Tloušťka materiálu <b>h</b> [mm]
1	39,0	0,0390	77,5	37,5	0,0375	1,46
2	39,5	0,0395	79,2	36,3	0,0363	1,43
3	39,4	0,0394	78,8	36,4	0,0364	1,43
4	45,9	0,0459	77,1	37,8	0,0378	1,41
5	39,5	0,0395	78,6	36,9	0,0369	1,46
6	41,3	0,0413	81,6	35,0	0,0350	1,45
7	39,7	0,0397	77,8	36,1	0,0361	1,43
8	39,7	0,0397	75,4	36,8	0,0368	1,46
Průměr		0,0405	78,25		0,0366	1,44
Směrodatná odchylka		0,0023	1,80		0,0009	0,0189
Variační koeficient [%]		5,64	2,30		2,38	1,31
95 % IS		0,0405 ± 0,002	78,25 ± 1,25		0,0366 ± 0,0006	1,44 ± 0,013

## 2.4 Záznam naměřených hodnot na materiálu DJ – 77 černá

Tab. č. 8 – Naměřené hodnoty na materiálu DJ – 77 černá (ALAMBETA)

<b>Materiál DJ – 77 černá</b>	Naměřená hodnota $\lambda$	Měrná tepelná vodivost $\lambda$ [W/m.K]	Tepelná jí mavost $b$ [W.s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> K]	Naměřená hodnota $r$	Plošný odpor vedení tepla $r$ [m <sup>2</sup> .K/W]	Tloušťka materiálu <b>h</b> [mm]
1	59,6	0,0596	106	34,1	0,0341	2,03
2	41,4	0,0414	116	33,0	0,0330	1,37
3	41,5	0,0415	121	33,9	0,0339	1,41
4	60,3	0,0603	118	34,3	0,0343	2,07
5	41,2	0,0412	122	33,5	0,0335	1,38
6	40,3	0,0403	117	35,6	0,0356	1,43
7	40,2	0,0402	114	34,0	0,0340	1,37
8	40,6	0,0406	108	35,3	0,0353	1,43
Průměr		0,0456	115,3		0,0342	1,56
Směrodatná odchylka		0,009	5,73		0,0009	0,303
Variační koeficient [%]		19,4	4,97		2,53	19,4
95 % IS		0,0456 ± 0,006	115,3 ± 3,97		0,0342 ± 0,0006	1,56 ± 0,2

## PŘÍLOHA Č. 3 – Měření relativní paropropustnosti a výparného odporu na přístroji PERMETEST

### 3.1 Měření materiálu NSM – 41 černá

Tab. č. 9 – Naměřené hodnoty na materiálu NSM – 41 černá (PERMETEST)

<b>Materiál NSM – 41 černá</b>	1	2	3	4	5	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95% IS
Výparný odpor $R_{et}$ [m <sup>2</sup> .Pa/W]	5,0	5,3	5,0	5,1	5,2	5,1	0,1304	2,55	5,1 ± 0,11
Relativní paropropustnost $p$ [%]	57	55	57,3	56	57	56,5	0,9529	1,69	56,5 ± 0,84

### 3.2 Měření materiálu TK – 60 šedá melé

Tab. č. 10 – Naměřené hodnoty na materiálu TK – 60 šedá melé (PERMETEST)

<b>Materiál TK – 60 šedá melé</b>	1	2	3	4	5	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95% IS
Výparný odpor $R_{et}$ [m <sup>2</sup> .Pa/W]	4,1	3,9	4,1	4,0	4,1	4,04	0,0894	2,21	4,04 ± 0,08
Relativní paropropustnost $p$ [%]	61,2	62,5	61,2	60,3	61	61,2	0,7956	1,3	61,2 ± 0,7

### 3.3 Měření materiálu TK – 60 navy

Tab. č. 11 – Naměřené hodnoty na materiálu TK – 60 navy (PERMETEST)

<b>Materiál TK – 60 navy</b>	1	2	3	4	5	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95% IS
Výparný odpor $R_{et}$ [m <sup>2</sup> .Pa/W]	4,6	4,4	5,0	4,2	4,8	4,6	0,3162	6,88	4,6 ± 0,28
Relativní paropropustnost $p$ [%]	59,4	60,5	57,4	60,6	58	59,2	1,4463	2,44	59,2 ± 1,27

### 3.4 Měření materiálu DJ – 77 černá

Tab. č. 12 – Naměřené hodnoty na materiálu DJ – 77 černá (PERMETEST)

<b>Materiál DJ – 77 černá</b>	1	2	3	4	5	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95% IS
Výparný odpor $R_{et}$ [m <sup>2</sup> .Pa/W]	6,2	4,8	5,1	6,1	5,3	5,5	0,621	11,28	5,5 ± 0,54
Relativní paropropustnost $p$ [%]	51,7	58,2	56,7	52	55	54,7	2,86	5,22	54,7 ± 2,5